

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Obor: Chemická technologie zušlechťování
Katedra textilní chemie

**SORPCE AZOBARVIV DO RŮZNÝCH
TEXTILNÍCH SUBSTRÁTŮ**

**ABSORPTION OF AZO DYES INTO
VARIOUS TEXTILE SAMPLES**

Dušková Markéta

Rozsah práce:

Počet stran: 64

Počet obrázků: 32

Počet tabulek: 7

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 28.5. 2009

.....

Dušková Markéta

Poděkování

Děkuji panu Doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi velmi pomohly při vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji celé své rodině za to, že mi umožnila studovat. V neposlední řadě děkuji všem zaměstnancům katedry textilní chemie, kteří mi umožnili realizovat veškerá měření a hodnocení, která byla náplní této práce.

Anotace

Ve své bakalářské práci se zabývám problematikou sorpce azobarviv do různých textilních substrátů. Cílem práce je aplikace barviv v různých poměrech vybarvení na celulózové, přírodní a syntetické materiály. Sleduje se sorpce barviva i výsledná barevnost v závislosti na vlastnostech textilie.

První část práce je věnovaná obecně popisu barviva, jenž zahrnuje charakter, základ a měření. Druhá část je zaměřená na rozložení textilních materiálů všeobecně. Ve třetí části rozebírám kinetiku barvení. V poslední části odkrývám své praktické měření.

Abstract

This thesis addresses the problem of the absorption of azo-dyes into various textile samples. The goal of this thesis is application of dyes in different color proportion on cellulose, natural and synthetic material. Where the absorption of dyes and resulting wealth of colors is watched in dependence on nature of textile.

Klíčová slova:

Barvivo, vlákna, sorpce, světlo, absorbance

Azo dyes, fibers, absorption, light, absorbance

Obsah

| | | |
|---------|--|----|
| I. | Seznam použitých zkratk a pojmů | 8 |
| II. | Úvod..... | 9 |
| III. | Barviva..... | 10 |
| III.1 | Barva a světlo | 10 |
| III.2 | Základ barevnosti | 11 |
| III.3 | Charakteristika barviv | 13 |
| III.4 | Stanovení koncentrace barviva na vlákne a roztoku | 13 |
| III.4.1 | Lambert - Beerův zákon | 14 |
| III.4.2 | Měření remise pomocí vztahu Kubelka-Munk | 16 |
| III.4.3 | Měření spektra | 17 |
| III.5 | Azobarviva | 18 |
| IV. | Textilní materiály..... | 19 |
| IV.1 | Přírodní rostlinná vlákna | 19 |
| IV.1.1 | Celulózová vlákna..... | 19 |
| IV.2 | Chemická vlákna | 20 |
| IV.2.1 | Vlákna z přírodních polymerů – na bázi celulózy | 20 |
| IV.2.2 | Chemická vlákna ze syntetických polymerů | 21 |
| IV.3 | Vlastnosti textilních materiálů..... | 21 |
| V. | Kinetika barvení..... | 24 |
| V.1 | Sorpce..... | 24 |
| V.2 | Proces barvení | 24 |
| VI. | Experimentální část..... | 26 |
| VI.1 | Sorpce azobarviv do různých textilních materiálů | 26 |
| VI.2 | Barviva pro experiment | 26 |
| VI.2.1 | Použitých azobarviv..... | 26 |
| VI.2.2 | Chemikálie pro barvení..... | 27 |
| VI.3 | Použité přístroje pro experiment | 28 |
| VI.4 | Použité textilní materiály..... | 31 |
| VI.4.1 | Bavlna | 31 |
| VI.4.2 | Len | 33 |
| VI.4.3 | Vlna..... | 34 |
| VI.4.4 | Viskóza | 36 |
| VI.4.5 | Lyocell (tencel) | 39 |
| VI.4.6 | Polyamid | 40 |
| VI.5 | Experimenty | 41 |
| VI.5.1 | Zjištění absorpance, vlnové délky a regrese u vybraných barviv | 42 |

| | | |
|----------|--|----|
| VI.5.2 | Receptura | 43 |
| VI.5.3 | Výpočty..... | 44 |
| VI.5.3.1 | Stanovení koncentrace barviva na vlákne nepřímou metodou | 44 |
| VI.5.4 | Barvení vybraných textilních materiálů..... | 44 |
| VI.5.4.1 | Pracovní postup pro barviva a textilní materiál..... | 44 |
| VI.5.4.2 | Měření a výpočty obarvených textilních materiálů pro všechny použitá azobarviva – červené, oranžové, modré..... | 47 |
| VI.5.4.3 | Výsledky midlonového barviva..... | 48 |
| VI.5.4.4 | Vazba jednotlivých textilních materiálů..... | 57 |
| VII. | Závěr | 58 |
| VIII. | Literatura..... | 59 |
| IX. | Dodatek A | 61 |
| X. | Dodatek B | 62 |
| XI. | Přílohy..... | 64 |

I. Seznam použitých zkratk a pojmů

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| WO | Vlna |
| CO | Bavlna |
| PA | Polyamid |
| CV | Viskóza |
| LI | Len |
| CLY | Lyocell |
| $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ | Octan sodný |
| Na_2SO_4 | Síran sodný |
| N% | Násadní procento vybarvené textilie |
| REM | Rastrovací elektronový mikroskop |
| tzn. | to znamená |
| atd. | a tak dále |
| tj. | to je |
| A | Absorbance |

| | |
|------------------|---|
| Vlákno | – jakýkoliv přírodní produkt o určité jemnosti, omezené délce a chemický produkt, který je ve tvaru jemných, ale nekonečných vláken |
| Struktura vlákna | – uspořádání a vzájemné spojení částic, ze kterých se vlákno skládá |
| Barva | – vlastnost světla, která má časovou a prostorovou homogenost |
| Substrát | – základní látka |
| Absorbance | – míra absorpce záření |

II. Úvod

Barviva prošla velkým vývojem průmyslové výroby. Dnes se vyrábí celá řada barviv pro různé užití. Abychom byli schopni barvit vlákna, musíme znát chemismus barvení ale i barvířské vlastnosti. Při výběru barviva pro barvení textilie hraje velkou roli odstínové vybarvení. Vzhledem k tomu, že každé barvivo má specifické vlastnosti a není určeno pro veškerý textilní sortiment, zaměřila se autorka na toto úskalí ve své práci.

Hlavním cílem bakalářské práce je posoudit sorpci celulózových, syntetických a živočišných vláken s vlivem barviva v různých procentních vybarveních, kdy neposuzujeme vliv vhodnosti barviva pro příslušný textilní materiál. Zhodnocení obarveného materiálu proběhlo na základě geometrie a struktury.

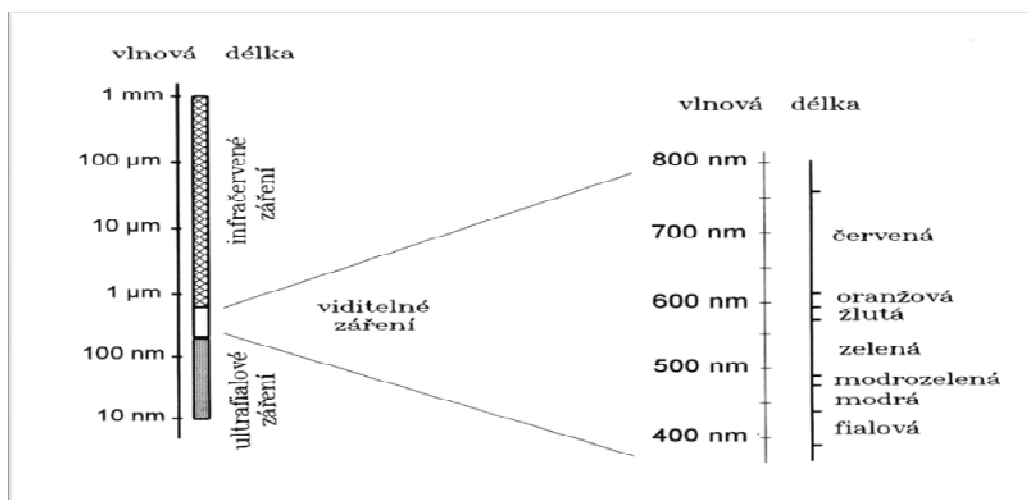
První část této práce se zabývá celkově barvivem, tj. jak vzniká, jaké jsou metody měření a co jsou to azobarviva. Druhá část rozebírá všeobecně textilní materiály, jejich vlastnosti a v neposlední řadě kinetiku barvení.

Experimentální část zahrnuje zkoumanou problematiku práce. Získaná rozsáhlá data jsou zpracována v přílohách, na které autorka odkazuje v textu.

III. Barviva

III.1 Barva a světlo

Barva je vjem, který vytváří viditelné světlo dopadající na sítnici lidského oka. Barevné vidění lidského oka zprostředkují receptory zvané čípky, které jsou trojího druhu podle citlivosti na tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Světlo je část elektromagnetického vlnění o určité vlnové délce a frekvenci, vnímané lidským okem. Lidský zrak reaguje psycho-senzoricky na záření vlnových délek v rozmezí 400-700 nm. Jestliže je intenzita světla ve vlnových délkách stejná, je světlo vnímáno okem bílé a jestliže se paprsky selektivně absorbují (průchod roztokem barviva v textilu), zbývající záření se skládá v oku ve vjemy doplňkových barev. K základní spektrální červené je tak doplňkovou barvou tyrkysová, k zelené purpurová a k modré žlutá (1). Viditelná oblast spektra se skládá z následujících barev (viz obr. III.1):



Obrázek III-1 Rozdělení barev ve viditelné oblasti (2)

Světlo je vytvářeno proudem fotonů o různé energii E (J). Vztah mezi energií a frekvencí světla ν (s^{-1}), vlnovou délkou (m) vyjadřuje Planckova rovnice (3 str. 108):

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

h Planckova konstanta ($6,6 \cdot 10^{-34} J \cdot s$)

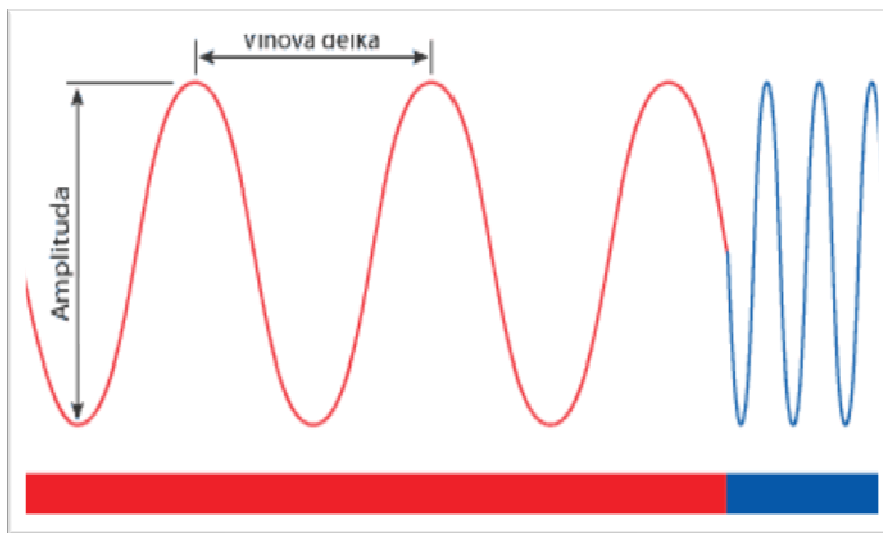
ν Frekvence světla (s^{-1})

c Rychlost světla (ve vakuu: $3 \cdot 10^8 m \cdot s^{-1}$)

λ Vlnová délka (m)

Tři základní vlastnosti světla (obr. III-2) jsou:

- vlnová délka (tedy rychlost či frekvence kmitání)
- intenzita (tedy síla či amplituda vlny)
- polarizace (tedy směr kmitání)

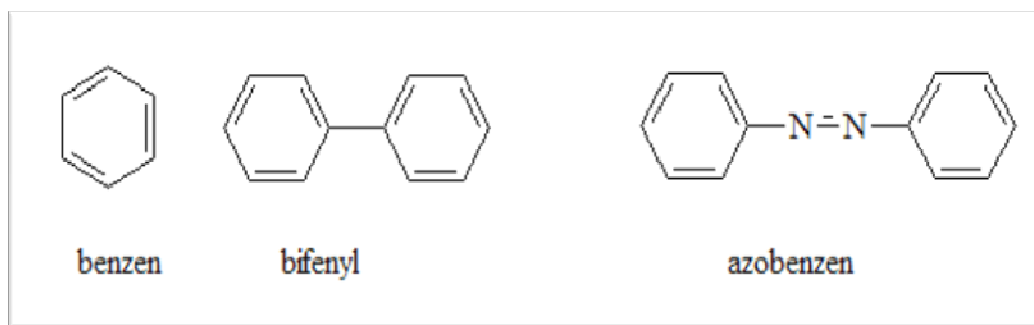


Obrázek III-2 Základní vlastnost světla (4)

Rychlost kmitání světelného vlnění vnímá člověk jako barvu. Pomalejší vlnění (s delší vlnovou délkou) vnímá jako červenou, kdežto rychlejší vlnění vnímá jako modrou až fialovou. Výška vlny (amplituda) odpovídá intenzitě světla, zjednodušeně řečeno tedy jeho jas.

III.2 Základ barevnosti

Organická barviva jsou převážně deriváty aromatických základních uhlovodíků: benzenu, naftalenu, anthracenu, pyridinu. Barevnost je vyvolávána systémy konjugovaných dvojných vazeb, ve kterých snadno probíhají přesuny elektronů v molekulách a selektivně absorbují světlo v ultrafialové a infračervené části spektra. Důsledkem toho, že látky neabsorbují světlo ve viditelné části spektra se nejeví tyto látky jako barevné. Barevné se jeví zavedením nenasycených skupin do jejich částí molekuly a posunuje se jejich absorpce do viditelné části spektra (obr. III-3).



Obrázek III-3 Vliv nenasycených skupin v molekule organických sloučenin na barevnost

Barvivo je látka, jež je silně zabarvená a má charakter vázat se různorodým způsobem na různé jiné látky. Organická látka je barvivem, jestliže její struktura molekuly umožňuje absorpci světla ve viditelné části spektra a současně tvoří mechanickou či chemickou vazbu barevné sloučeniny s vybarvovaným substrátem.

Barva předmětu je způsobena propuštěním nebo odražením určitého podílu světla z celkového spektra bílého. Barevné spektrum získáme rozkladem bílého denního světla. Jednotlivé barvy spektra odpovídají různým vlnovým délkám světelných paprsků nebo ekvivalentně různé energii fotonů.

Princip barevnosti spočívá v selektivní absorpci nebo odrazu světla o určité vlnové délce. Některé látky mají schopnost přeměňovat dopadající světlo v paprsky o jiné nebo větší vlnové délce.

„Nejrozšířenější **teorie** barevnosti, tj. **chromoforová nebo auxochromová** (1876 O. Witt), pojednává o závislosti mezi chemickou strukturou látky a jejím zabarvením. Nositeli barevnosti dle teorie jsou skupiny obsahující dvojné vazby, tzv. *chromofory*, jež jsou zavedeny do bezbarvé sloučeniny, tím ji učiní barevnou. Např. azoskupina, nitroskupina, nitrososkupina, karbonylová skupina. Vlastní sloučenina nesoucí chromofory se nazývá *chromogen*. Chromogen je již zabarvená sloučenina obsahující nenasycenou chromoforovou skupinu. Látka většinou není ještě barvivem. Chromogenu chybí potřebná intenzita a afinita k vláknu. Obojího se mu dostane vstupem dalších skupin do molekuly, tj. vstupem -OH, -NH₂, -CH₃, -OCOCH₃, -NO₂, -SH, -S, apod. tyto skupiny nazýváme *auxochromy*. Auxochromy mají vliv na intenzitu barvy i hloubku zabarvení. Chromofory a auxochromy jsou v určitém vzájemném vztahu. Auxochrom může zesilovat i též zeslabovat intenzitu zabarvení.

Barva předmětu je výsledkem selektivní absorpce světelných paprsků určitých vlnových délek, respektive selektivní absorpce fotonů (kvant energie) určité velikosti.

Energie, kterou molekula pohlcuje z celé viditelné i neviditelné části spektra světelného toku, se částečně spotřebovává na zvětšení energie kmitavého pohybu částic molekuly a energie rotačního pohybu celé molekuly. Převážná část pohlcené energie se spotřebuje na excitaci elektronů vnější elektronové sféry, tj. na převedení elektronů ze základního energetického stavu do stavu s větší energií. Velikost energetických kvant nutných k excitaci elektronů závisí na charakteru meziatomové vazby tvořené těmito elektrony. K excitaci elektronů vnější sféry postačí poměrně malá kvanta energie. Elektrony vnitřních elektronových vrstev potřebují ke své excitaci velká kvanta energie, tj. se absorpce světla ve viditelné části neúčastní“ (5 stránky 19-20).

III.3 Charakteristika barviv

Charakter uspořádání barviva musí být takový, aby barvivo odpovídalo substantivně (afinita, přilnavost) k substrátu. Další charakteristický prvek je dobrá stabilita v praní, otěru, a dobrá světlostálost. Základ tvoří zdravotní nezávadnost a vyloučení nežádoucích účinků. Velká řada barviv se používá k barvení textilních vláken přírodního a chemického původu, ale též pro barvení usní, mýdel, při výrobě fotografií apod. Jejich různorodost předurčuje i k různým způsobům vybarvování a fixování barviv na materiál. Na barvení vláken se používají ve velké míře barviva rozpustná ve vodě, která mají schopnost fixovat na vybarvovaném materiálu. Pro barvení chemických hydrofobních vláken se užívá ve vodě málo rozpustných barviv ve formě disperze.

III.4 Stanovení koncentrace barviva na vlákne a roztoku

Patří sem kolorimetrie, tzn. měření barevnosti barevných roztoků s cílem kvantitativního stanovení barevné složky.

„**Kolorimetrie** se rozděluje:

1. **fotometrii**, při níž se světlo určité vlnové délky získá barevným filtrem.
2. **spektrofotometrii**, monochromatické záření se získá pomocí hranolu nebo mřížky.

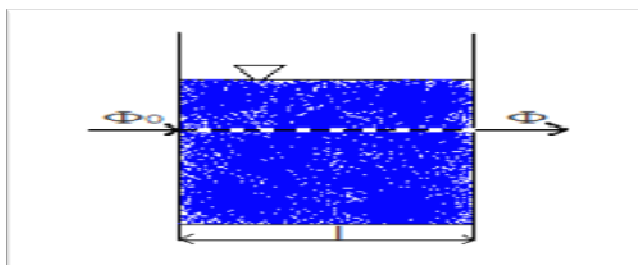
Kolorimetrie vyjadřuje objektivní měření barevnosti textilií, kdy se měří reflektance barevného vzorku nebo se měří koncentrace barevných roztoků na spektrofotometru. Roztok ke stanovení barevnosti textilie se dá získat:

- Nepřímo, tzn. kvantitativně se jímá barvivo zbylé v barvicí lázni po barvení. Vhodné pro méně přesné stanovení koncentrace barviva.
- Přímě na vlákně, tj. převedením fixovaného barviva na vlákně do roztoku.

Kolorimetrovat lze pouze barevné roztoky které jsou čiré, nezakalené a u nichž platí Lambert-Beerův zákon“ (6 stránky 54-55).

III.4.1 Lambert - Beerův zákon

Lambers-Beerův zákon (obr. III.4) poskytuje základ pro měření a hodnocení absorpčních spekter a jeho vhodným uplatněním lze získat obdobné zákony pro spektra emisí. Prochází-li tok rovnoběžných monochromatických paprsků o určité zářivé energii (Φ_0), homogenní vrstvou délky (l), dochází k určité absorpci záření a z homogenní vrstvy vychází paprsek se sníženou zářivou energií (Φ).



Obrázek III-4 Průchod světla v roztocích, dle Lambert-Beerova zákona

Velikost absorpce záření je závislá na délce vrstvy (l) a na koncentraci absorbující složky (c). Vzájemný vztah mezi absorpcí záření, délkou vrstvy a koncentrací absorbující látky udává spojený Lambert-Beerův zákon, který můžeme matematicky vyjádřit jako:

$$A = e \cdot c \cdot l \quad (2)$$

A.....absorbance

c.....koncentrace absorbující složky (mol.l, g.l⁻¹)

l..... délka absorbující vrstvy (cm)

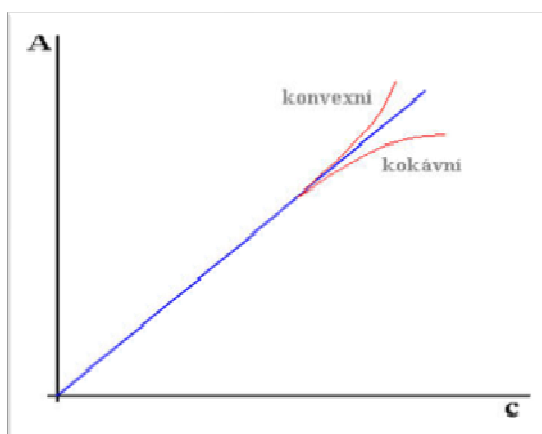
e.....molární absorpční koeficient pro látku

Lambert-Beerův zákon platí pouze v omezeném rozsahu (je zákonem limitním).

Platí pouze za následujících podmínek (7):

- Záření musí být monochromatické
- Roztoky musejí být velmi zředěné ($c < 10^{-2} \text{ mol.l}$)
- Absorbující prostředí nesmí podléhat žádným změnám
- V roztoku musí být jen jedna absorbující složka. Pokud je v roztoku přítomno více složek, je absorbance sumou absorbancí jednotlivých složek

Odchylky (obr. III-5) od Lambert-Beerova zákona se projeví, pokud vyneseme závislost absorbance na koncentraci odchylkou od lineární přímky směrem nahoru (konvexní tvar), dolů (konkávní tvar).



Obrázek III-5 Závislost A na Cs - vznik konvexního nebo konkávního tvaru

Závislost absorpce na koncentraci nazýváme (obr. III-6) kalibrační křivkou. V rozsahu zákona Lambert-Beerova má tvar přímky vycházející z počátku. Z kalibrační křivky můžeme určit koncentraci látky ve zkoumaném roztoku. Pokud má kalibrační křivka lineární průběh, lze koncentraci látky určit výpočtem.

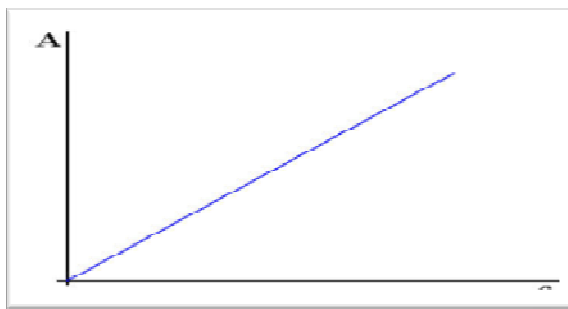
$$c(vz) = A(vz) \cdot \frac{A(st)}{A(vz)} \cdot c(st) \quad (3)$$

$c(vz)$ koncentrace látky ve vzorku

$c(standard)$ koncentrace látky ve standardu

$A(vzorek)$ absorbance vzorku

$A(standard)$ absorbance standardu



Obrázek III-6 Závislost absorbance a koncentrace barviva v bodě 0

Pokud je v roztoku přítomna i jiná absorbující složka, pak protíná křivka osu y a absorbance je dána vztahem :

$$A = A_0 + e \cdot c \cdot l \quad (4)$$

A_0 je absorbance pozadí (další absorbující složky)

Elektronové absorpční spektrofotometrie zahrnuje pojmy:

- Transmittance (propustnost) T^1
- Absorptance a udává tu část záření, které bylo absorbované
- Absorbance A - záporný dekadický logaritmus transmittance $A = -\log T$

III.4.2 Měření remise pomocí vztahu Kubelka-Munk

„Remise je hodnota sloužící k měření barevnosti textilní pomocí závislosti Kubelka -Munk, kterou lze popsat: máme homogenní poloprostor - nekonečnou vrstvu textilie, kam dopadá světlo. Světlo se částečně rozptýlí a částečně pohltí. Rozptýlení světla se charakterizuje rozptylovým koeficientem K (určuje spektrální charakter barviva ovlivněno barvou i vláknem). Absorpční poloprostor je vyjádřen absorpčním koeficientem S (zahrnuje geometrická a fyzikální části substrátu). Po výpočtu bilance absorbovaného a remitovaného světla získáme Kubelka-Munkovu závislost“ (8 str. 27):

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2 \cdot R} \quad (5)$$

K absorpční koeficient

S rozptylový koeficient

Rremisní stupeň; naměřená hodnota na remisním spektrofotometru

¹ Udává poměr mezi zářivým tokem prošlého prostředím ku zářivému toku dopadajícímu na absorbující prostředí nabývá hodnot od 0 do 1 nebo v procentech 0% - 100%.

K/S.... parametr je lineárně závislý na koncentraci barviva na vlákne

K/S hodnota je závislá na koncentraci barviva ve vlákne (C) od světlých až po střední odstíny.

$$\frac{K}{S} = C \cdot k \quad (6)$$

C..... koncentrace barviva ve vlákne (mol.g⁻¹)

k..... experimentálně zjištěná konstanta, pro každé srovnání barvivo - substrát

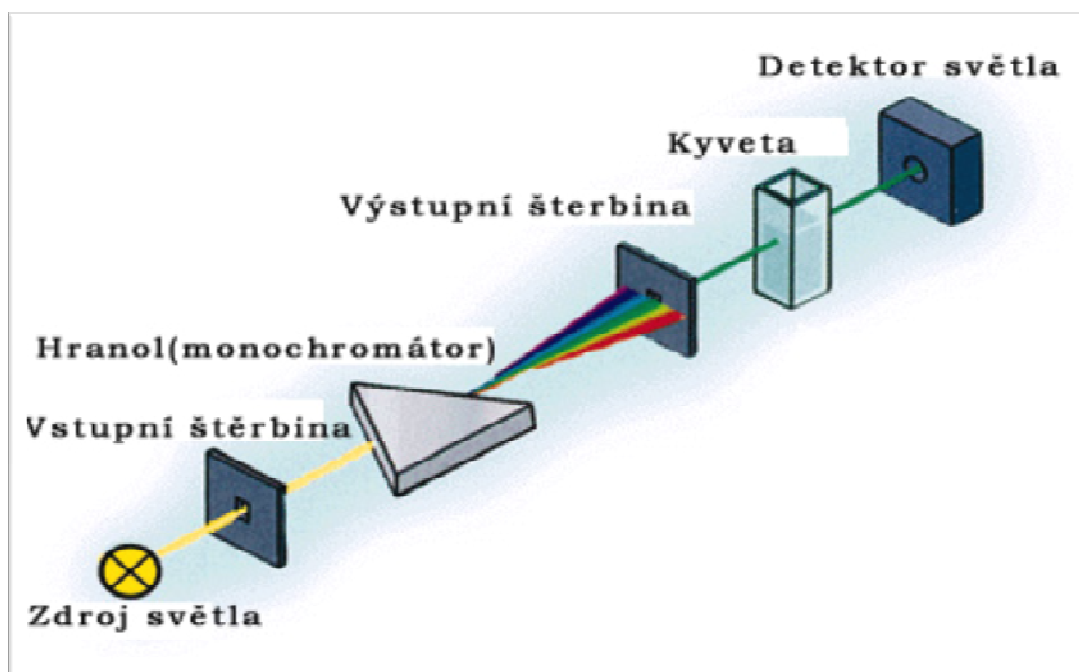
III.4.3 Měření spektra

Pro měření veličin absorpance a transmittance se používají následující přístroje (9):

Fotometry: přístroj měří při jedné nebo několika definovaných vlnových délkách monochromatického světla.

Spektrofotometry: přístroje dokonalejší než fotometry, umožňují nastavit libovolně délku monochromatického světla nebo změřit část absorpčního spektra v určitém úseku vlnových délek.

Přístroj pro měření spektra je zobrazen na obrázku (III-7). Obsahuje části: zdroje světla, monochromátor, část ve kterém je vzorek, detektor.



Obrázek III-7 Zobrazení uspořádání částí spektrofotometru

III.5 Azobarviva

Azobarvivo je takové, které obsahuje nejméně jednu azoskupinu - N=N -, kde se vážou jiné aromatické, alifatické a heterocyklické zbytky. Na počtu azoskupin (mono-, bis-, poly-) a druhu arylového zbytku závisí odstín barviva i jeho další vlastnosti. Azobarviva se využívají ve většině oblastí, např. formou molekul barevných organických pigmentů, které se nemusí rozpouštět. Vyrábějí se pouze syntetickou cestou, v přírodě se nevyskytují.

Jednoduché molekuly jsou azobarviva pro barvení polyamidu a vlny s jednou nebo dvěma sulfoskupinami. Označují se kyselá azobarviva.

Podle afinity k textilnímu materiálu a egalizačních schopností se kyselá barviva rozdělují (9):

Kyselá barviva vytahující ze silně kyselé lázně mají nízkou afinitu k textilnímu materiálu. Tuto nižší afinitu poněkud vyrovnává aplikace ze silně kyselé lázně (pH 2-3). Nižší afinita podmiňuje i nižší stálosti za mokra, stálosti na světle jsou dobré až velmi dobré. Jejich egalizační schopnosti jsou výborné. U nás se vyrábějí pod obchodním názvem *Egacidová barviva*.

Kyselá barviva vytahující ze slabě kyselé lázně, barviva této skupiny mají dobrou afinitu k textilnímu materiálu, ale hůře egalizují. Vytahují na vlněné vlákno ze slabě kyselých lázní (pH 4-5). Vykazují velmi dobré hodnoty mokré stálosti a vysokou stálost na světle. U nás se vyskytují pod názvem *Midlonová stálá E barviva*.

Kyselá barviva vytahující ze slabě kyselé až neutrální lázně mají vysokou afinitu k textilnímu materiálu, ale velmi malé egalizační schopnosti. Aplikují se z lázně s optimálním pH 6-7. Stálosti jsou výborné a mají název *Midlonová a Rybacidová barviva*.

IV. Textilní materiály

Textilní materiály jsou přírodního nebo chemického původu. Jsou protáhlého tvaru, jejich délka je podstatně větší než rozměry příčného průřezu. Jsou základ pro výrobu všech typu textilní (10).

Přírodní vlákna dělíme na

- **rostlinná textilní vlákna** jsou získána ze semen, stonků, listů a plodů rostlin
 - ze semen – bavlna
 - ze stonků – len
- **živočišná textilní vlákna**, tj. srsti zvířat a zámotky housenek některých motýlů
 - ze srstí – ovčí vlna

Chemická přírodní vlákna dělíme na

- **z přírodních polymerů** tj. celulózová nebo bílkovinná vlákna
 - celulózová z regenerované celulózy
 - viskózová vlákna
 - lyocellová vlákna
 - z derivátů celulózy
- **ze syntetických polymerů** – polyamidová vlákna

IV.1 Přírodní rostlinná vlákna

Jsou vlákna z přírodních makromolekulárních látek (polymerů) rostlinného a živočišného původu, jakož i látek minerálních. Způsob získávání vláken je mechanický. Vlákna jsou na bázi celulózy (polysacharid).

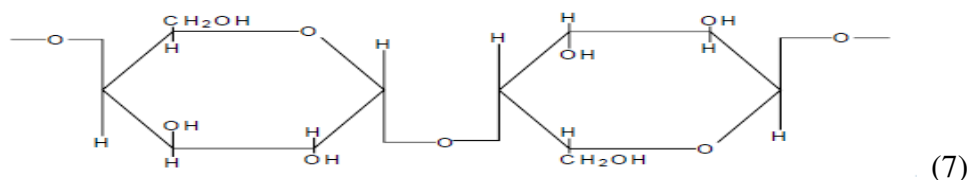
IV.1.1 Celulózová vlákna

Vlastnosti vláken a jejich barvitelnost závisí na původu vláken, chemickém složení celulózy, uspořádání makromolekul ve vláknech. Jestliže je makromolekula uspořádanější, obtížně se barví. Přírodní celulózová vlákna mají větší krystalický podíl i vyšší orientaci než vlákna z regenerované celulózy.

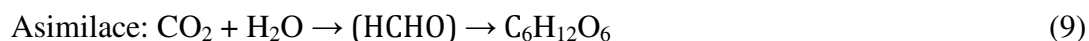
Přírodní vlákna, jako jsou bavlna, len a chemická vlákna z regenerované celulózy tj. viskóza, lyocell, tvoří nejrozšířenější makromolekulární látky, které se vyskytují v přírodě.

Celulóza je na bázi polysacharidu, jehož základní jednotkou je β -D- glukopyranóza.

Stavba celulózy-



Její hydrolýzou se získá glukóza dle následující rovnice:



Chemicky jde o polyalkohol s jednou primární a dvěma sekundárními (-OH) skupinami. V hlavním řetězci jsou éterové vazby C – O – C-. Obsahuje v řetězci hydroxylové skupiny, které jsou hydrofilní tj. snášející vodu, proto je vysoká hydrofilnost u celulózy.

IV.2 Chemická vlákna

Vlákna vyrobená z přírodních, syntetických polymerů získaná chemickou technologií.

IV.2.1 Vlákna z přírodních polymerů – na bázi celulózy

Vytvořena uměle, z přírodních polymerů, resp. modifikací přírodních polymerů.

Rozdělují se na dva druhy:

- *regenerované celulózy* - základem vláken je čistá celulóza a vlákna mají vlastnosti podobné přírodním vláknům celulóзовých (tzn. modifikovaných vzhledem k procesu přetvoření cel. řetězců)

Výchozí surovinou pro výrobu celulóзовých vláken je buničina, krátká bavlněná vlákna (linters) nebo bavlněný odpad. Buničina se získává z rozemletého dřeva smrků a buků.

- *z derivátů celulózy* - vlákna jsou složena z derivátů celulózy, ale více z acetylcelulózy. Vlastnosti jsou odlišné než u předchozích vláken (např. termoplastičnost, menší navlhavost).

IV.2.2 Chemická vlákna ze syntetických polymerů

Vlákna syntetická mají celou řadu výborných vlastností, kterých nelze dosáhnout u vláken přírodních, tj. stálost tvaru, malá hmotnost, trvanlivost apod. Nevýhodou syntetických vláken je sklon ke vzniku elektrostatického náboje, malá navlhavost apod.

IV.3 Vlastnosti textilních materiálů

Geometrické vlastnosti vláken jsou délka, ohebnost, jemnost i tvar příčného řezu a ovlivňují barvení (kinetiku).

Ohebnost poskytuje tvarování přízí apod.. Ohebnost je spojená s modulem pružnosti E a momentem setrvačnosti příčného řezu (I).

Pro kruhová vlákna o průměru d platí:

$$E = \frac{64}{\pi \cdot d^4} \quad (10)$$

Emodul pružnosti

Pro vlákna s vyšším modulem se použije menší průměr pro zachování ohebnosti. Tloušťka přírodních vláken se pohybuje kolem 10-40 μm , u syntetických vláken 10-25 μm .

Jemnost – ovlivňuje vlastnosti vláken, které zahrnují velikost povrchu, způsob použití, technologii zpracování, rovnoměrnost v jemnosti vlákna.

Jemnost (měrná lineární hmotnost) udává se v jednotkách tex. Jemnost (T) je určena hmotností vlákna m (g) na jednotku jeho délky l (tex tj. g na 1 km). Vzorec vypadá takto:

$$T = \frac{m}{l} = \frac{l \cdot S \cdot \rho}{l} = S \cdot \rho \quad (11)$$

S plocha příčného řezu

ρ měrná hmotnost (hustota) vlákna

m hmotnost vlákna (g)

l délka (tex)

Při stejné jemnosti (T) bude průměr vláken s menší měrnou hmotností větší než průměr vláken s vyšší měrnou hmotností.

Měrná hmotnost u přírodních a chemických vláken je v rozmezí 900-1600 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

U kruhových vláken je důležitá charakteristika měrného povrchu (S_p) tj. povrch na jednotku hmotnosti.

Tedy pro kruhová vlákna platí:

$$S_p = \frac{2\pi \cdot r \cdot l}{\pi \cdot r^2 \cdot l \cdot \rho} = \frac{2}{\pi \cdot r} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi}{T \cdot \rho}} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}) \quad (12)$$

Na druhou stranu u nekruhového vlákna se jedná o vztah mezi obvodem (O_v) a plochou příčného řezu vlákna (S):

$$S = \frac{O_v \cdot l}{S_v \cdot l \cdot \rho} = \frac{O_v}{S_v \cdot \rho} = \frac{4 \cdot \pi}{O_v \cdot \rho} \quad (13)$$

Délka vláken popisuje zpracovatelnost a využití pevnosti vláken dle pevnosti příze.

Jemnost vlákna je ovlivněna počtem vláken v přízi. Např. příze 20 tex z vláken 1 dtex obsahuje vláken v příčném řezu a příze z vláken 0,1 dtex jich obsahuje 2000. Rozdíly se projeví na růstu měrné pevnosti i kapilarity² příze.

Jemnost jednotlivých základních vláken:

Bavlna (Indie) tloušťka 18 μm , typická 3 dtex.

Vlna (merino) tloušťka 22 μm , typická 5 dtex.

Len (fine) 10 tloušťka μm , typická 1 dtex.

Tvar příčného řezu vláken ovlivní lesk, omak, objemnost, sorpční vlastnosti, tuhost, tepelně izolační vlastnosti atd. Lesk vláken souvisí s podílem odraženého světla R , který se řídí Fresnelovým zákonem:

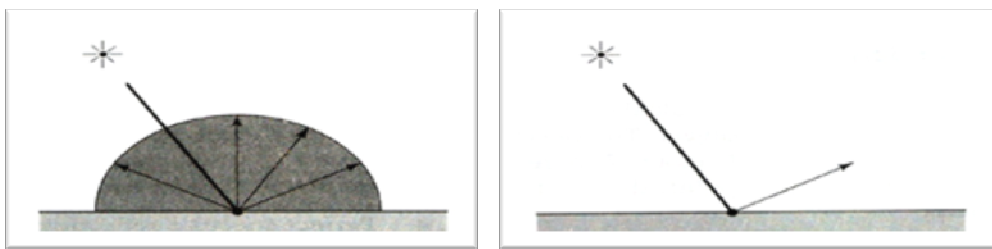
$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2 \quad (14)$$

nindex lomu vlákna

lindex lomu vzduchu

Světlo se odráží (obr. IV-1) od povrchu zrcadlově nebo difúzně. Čím je povrch hrubší, tím více světla se odráží difúzně. Difúzní odraz také zesvětluje a snižuje lesk. Vlákná komplikovaného tvaru, dutá a větší jemnosti se tedy budou jevit světlejší (bělejší) a matnější (11).

² Studující vliv elektrických sil na jevy povrchového napětí



Obrázek IV-1 Zrcadlový odraz vlevo a difúzní odraz vpravo

Pro kvantifikaci tvaru průřezu vlákna slouží faktor rozvinutosti. Označuje se (q) a vyjadřuje odlišnost průřezu vlákna od tvaru kruhu. U bavlny je rozvinutost asi 0,47 (tvar fazole), u vlny 0,2 a viskózy 0,6. Syntetická vlákna převažují tvaru kruhového o 0,05 faktoru.

Nejen barvivo a použitá technologie ovlivňuje vybarvení a rovnoměrnost, ale i *struktura barevného vlákenného materiálu*. Vlákna různého chemického složení se barví různými technologickými třídami barviv za různých podmínek, či stejnými barvivy s různou sytostí či odstínem. Např. totéž barvivo lze použít jak k barvení jednoho druhu vláken, tak i pro druhý druh. Vybarvení bude různé sytosti a často i rozdílným odstínem.

Menší uspořádanost makromolekul ve vláknech se projevuje v mnoha vlastnostech vlákna. Např. s vyšším dloužením vlákna při výrobě nebo účinnějším termickým zpracováním stoupá hustota vlákna, optický dvojlom, pevnost vlákna atd., ale klesá jeho tažnost a barvitelnost.

Vlastnosti přírodních vláken kolísají podle klimatických podmínek. Rozdílně se barví například různě zralá bavlna nebo len. U bavlny tento rozdíl vzniká tloušťkou sekundární buněčné stěny (mrtvá bavlna tuto stěnu nemá a nebarví se), u lnu především složením a množstvím inkrustačních látek, jako je lignin apod., u vlny v horních částech vlákna oxiduje keratin, čímž vzniká tzn. špičkovité vybarvení. Také přítomnost různých barevných pigmentů v přírodních vláknech ovlivňuje vybarvení nebo si vyžaduje různě účinné bělení, které pak působí na vláknech další změny (12).

Podstatný vliv na vlastnosti vlákna má jeho molekulární a morfologická struktura. Zatímco molekulární struktura vymezuje část vlastností fyzikálně-mechanických a fyzikálně-chemických (pevnost v tahu, ohybu, sorpční vlastnosti), morfologická struktura vytváří optické a geometrické vlastnosti (délka, průřez, vnější tvar, povrchové vlastnosti).

V. Kinetika barvení

Kinetiku barvení pozorujeme za stálé konstantní teploty nebo při nerovnoměrných podmínkách. Kinetická studie je základním kritériem pro rychlost fixace barviva na vláknech za nerovnovážných podmínek.

V.1 Sorpce

„Při rozpuštění solutu v rozpouštědle vzniká roztok, nová definovaná fáze. Na styku dvou fází, z nichž jedna je tekutá (fluidní), též dochází k pronikání částic jedné fáze do objemu fáze druhé, aniž by vznikla nová fáze. Tento děj se nazývá obecně **sorpce** a může být způsoben mnoha fyzikálními a chemickými interakcemi, jako jsou kapilární síly, elektrostatické síly, dipolární síly, disperzní síly ³(Van der Waalské síly), a chemické reakce. Pokud částice pronikají hluboko do objemu druhé fáze, nazývá se tento sorpční děj **absorpce**, zatímco hromadění částic v mezifázi se nazývá **adsorpce**. Adsorbovaná látka označujeme jako **absorbát**, zatímco fáze, na které dochází k adsorpci, se jmenuje **absorbent**“ (13 str. 19).

Mechanismy adsorpce

- Fyzikální adsorpce - interakce, příklad sorpce interního plynu při nízkých teplotách na povrchu porézních materiálů.
- Chemisorpce - mezi absorbentem a absorbátem dojde k chemické reakci, převážně tvoří vazby koordinační sloučeniny.

V.2 Proces barvení

Proces barvení vzniká v heterogenní soustavě tvořené dvěma fázemi, na jedné straně tuhou fází (textilním materiálem), na druhé straně kapalnou fází (barvicí lázní).

Konečným procesem je upevnění barviva na barevném textilním materiálu, kterým se docílí požadovaného odstínu a stálosti vybarvení.

³ Vycházíme z představy, že molekuly oscilují (kmitají) a to dosti chaoticky. V určitých momentech se „vykmitnutím“ poruší neutrální stav molekuly a vznikne dipól (dipól jsou dva od sebe oddělené elektrické náboje stejné velikosti ale opačné polarity). Jedná se o interakci okamžitých dipólů (tvoří se okamžité dipóly – náhodným okamžitým rozmístěním částic). Více informací na <http://chemie.gyrec.cz/Slabe%20vazebne%20interakce.ppt>

Proces barvení vzniká těmito ději (14 stránky 27-28):

- Difúze barviva z roztoku k vláknu
- Adsorpci barviva na vlákno – fyzikální adsorpce, ale i následná chemická reakce
- Difúze barviva od povrchu dovnitř vlákna

Do barvicích lázní se přidávají různé přísady, tj. soli (chlorid sodný, síran sodný) nebo textilně pomocné prostředky, které vytvoří optimální prostředí. Dojde-li ke sloučení obou fází, barvivo z lázně se postupně natahuje (vytahuje) na textilní materiál. Nakonec dojde k určitému vytažení (vyčerpání) barviva z lázně, které je ovlivněno působením proměnných veličin tepla, koncentrace barviva, délkou lázni, přítomnosti barvicích přísad apod.

Vytahování barviva lze vysvětlit takto: Na začátku barvení je v barvicí lázni tuhá fáze (textilní materiál), která neobsahuje barvivo. V této části je barvivo rozpustné. Vlivem difúze dochází k samovolně probíhajícímu ději, k jednostrannému převodu rozpuštěného barviva z oblasti jeho vyšší koncentrace (z barvicí lázně) do oblasti nižší koncentrace (do vlákna). Difúze se snaží odstranit tento rozdíl v koncentracích. Barvivo difunduje do středu vlákna tak dlouho, až je celé stejnoměrně probarvené, tj. koncentrace barviva se v celé hmotě vlákna vyrovná (stejná).

Koncentrace barviva ve vlákne po barvení do rovnováhy je větší než v lázni – barvivo se z lázně vyčerpává, protože barvivo má k vláknu větší afinitu (přilnavost) než k vodě. Vlákno vyčerpá z barvicí lázně barvivo ve větším množství, než odpovídá objemu obou fází a vodnou fázi o barvivo ochudí.

Celý proces přechodu barviva z lázně do vlákna, který je založen na adsorpci barviva na vlákno, respektive na jeho vnitřním a vnějším povrchu a na difúzi barviva do vlákna, je podporován schopností barviva vázat se na lineární makromolekuly amorfního podílu vlákna a na povrch krystalitů několika druhy přitažlivých sil. Tj. ukončeno upevněním barviva na vlákne (jeho fixací) a vznikem stálého vybarvení. Vazba barviv na vláknech je určena vzájemnými reakčními dispozicemi vláken a barviv je chemická nebo fyzikální.

VI. Experimentální část

VI.1 Sorpce azobarviv do různých textilních materiálů

Na barvicích zařízení byly provedeny tyto srovnávací experimenty:

1. Na vodní lázni – kdy nebylo možné zajistit stejnoměrné a stálé vytažení barviva za stejné teploty
 2. Na Lintestu (přístroj na způsob pračky ve vodní lázni) – problém vznikl u těsnění všech nádob
 3. Na Ahibě (přístroj od firmy Datacolor pro barvení textilních vzorků), kdy byla zajištěna stejnoměrná a stálá teplota při stalém výkonu
- Jelikož experimenty 1. a 2. nevykazovaly vyhovující výsledky, tak bylo využito přístroje v bodě 3.

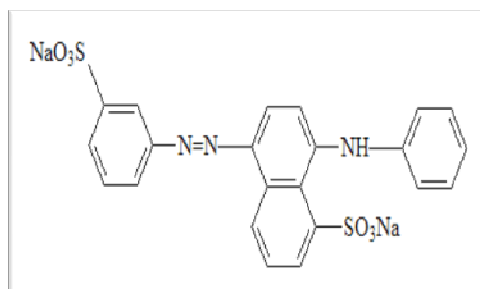
VI.2 Barviva pro experiment

Pro experimentální část byla vybrána midlonová barviva, která jsou na bázi azobarviv, vhodná pro barvení vlny, polyamidu tj. kyselá barviva. Původní receptura určená pro barvení vlny a polyamidu byla upravena pro všechny použité materiály bavlny.

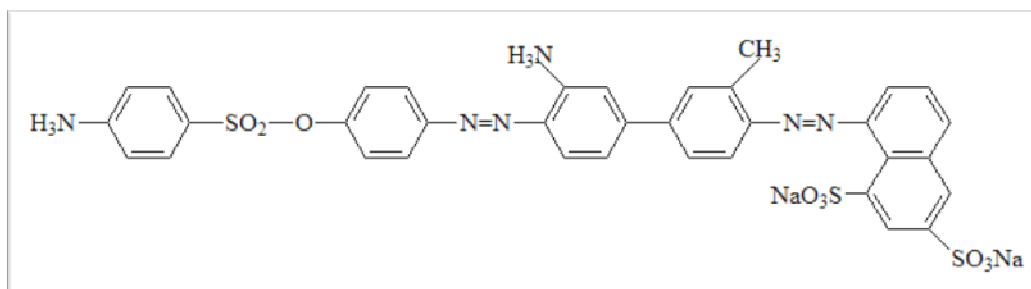
VI.2.1 Použitých azobarviv

Byla vybrána tato paleta azobarviv – vzorce ukazují chemickou strukturu barviva

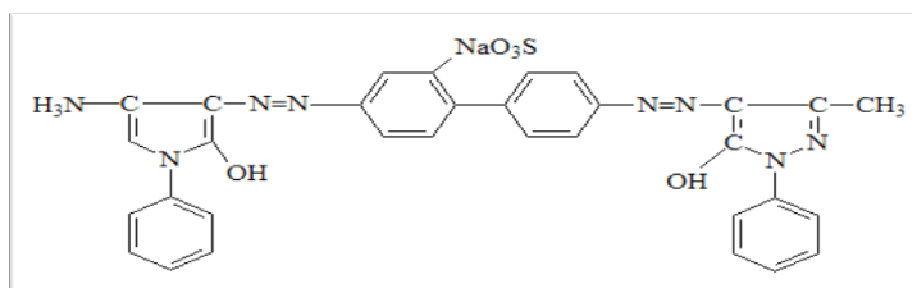
1. Midlonová modř 5R (obr. VI-1)
2. Midlonová červeň PRS konc. (obr. VI-2)
3. Midlonová žlut' PR konc. T
4. Midlonová oranž PR (obr. VI-3)



Obrázek VI-1 Midlonová modř 5R



Obrázek VI-2 Midlonová červen PRS konc.



Obrázek VI-3 Midlonová žlut PR konc. T, podobná oranž PR

*Jelikož žluté barvivo vykazovalo špatné probarvení textilního materiálu a veliké odchylky od normality, bylo nahrazeno barvivem **oranže PR**.*

VI.2.2 Chemikálie pro barvení

Pro experimentální část se užilo těchto chemických přísad:

- **Destilovaná voda** – čirá, bezbarvá, v silné vrstvě namodralá kapalina bez chuti a zápachu, má pH neutrální. Za normálního tlaku 101 kPa má teplotu tání 0 °C a teplotu varu 100 °C. Největší hustotu 1g.cm⁻³ má voda při 4 °C. Nejlehčí metodou získání skoro čisté vody ze směsi je destilace. Využití v laboratořích, domácnostech.

- **Octan sodný (CH_3COONa)** – bezbarvé nebo nažloutlé jehličky, velmi dobře rozpustné ve vodě. Uplatňuje se jako prostředek na otupování minerálních kyselin (při barvení nerozpustnými barvivy azovými) a přidává se do pracích lázní u sirných vybarvení, kde zabraňuje vzniku kyseliny sírové při skladování obarvených textilní.
- **Síran sodný ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)** – Glauberova sůl, bezbarvá krystalická látka velmi dobře rozpustná ve vodě, přísada vhodná do barvicí lázně.

VI.3 Použité přístroje pro experiment

Rastrovací (řádčovací) elektronový mikroskop Vega-tescan

Mikroskop slouží k přímému pozorování vzorku. Využívá k zobrazování pohyblivého svazku elektronů v několikanásobném zvětšení a vysoké rozlišovací schopnosti, čímž umožňuje vynikající hloubku ostrosti.

Princip je založen na systému REM, kde na každé místo vzorku je zaměřen úzký paprsek elektronů. Interakcí dopadajících elektronů s materiálem vzorku vznikají různé detekovatelné složky. Jak paprsek putuje po vzorku, mění se podle charakteru povrchu úroveň signálu v detektoru. Z těchto signálů je pak sestavován výsledný obraz. Získaný obraz je standardně monochromatický.

Rastrovací elektronová mikroskopie poskytuje pozorování kovových nebo pokovených suchých vzorků s výraznou strukturou povrchu nebo částic. K dosažení obrazu v REM musí být vzorek zbaven organických nečistot a umístěn ve vakuové komoře, aby dopadající elektronový svazek i odražené nebo vyražené elektrony nebyly rozptylovány srážkami s molekulami vzduchu. Informace o struktuře a složení látek z povrchu vzorků lze získat detekcí elektronů různých druhů a pro jejich zachycení jsou mikroskopy vybavovány různými typy detektorů, nejčastější pro odražené a vyražené elektrony. Detektor vyražených elektronů poskytuje informaci o materiálovém složení látek, jež se projevuje jako materiálový kontrast.

Analytická váha

Váha (obr. VI-4) slouží pro přesné měření chemikálií, textilních materiálů pevného skupenství v gramech na čtyři desetinná místa.

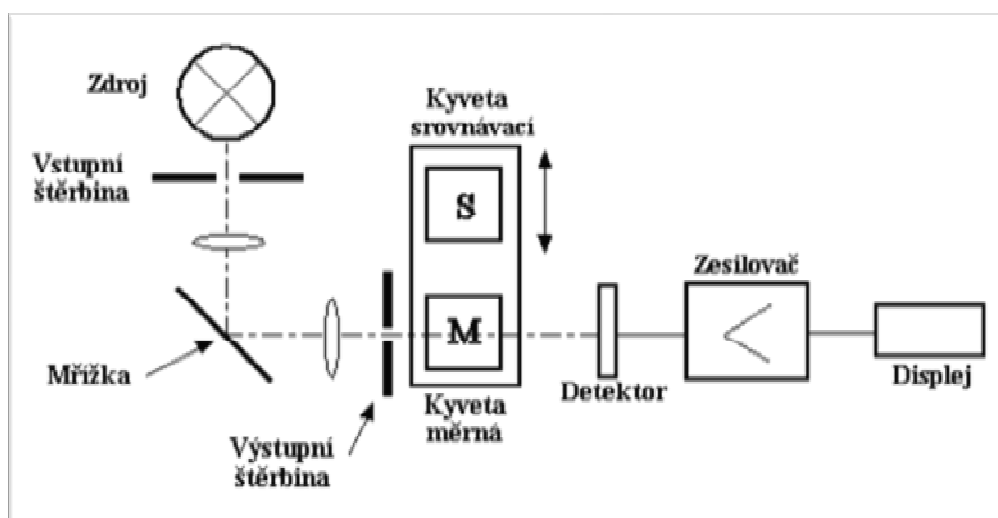


Obrázek VI-4 Přesné váhy pro měření v laboratoři

Přístroj Spekol 11 - pro měření absorbance

Je jednopaprskový spektrofotometr, vybavený mikroprocesorovou jednotkou. Podle druhu připojení pomocí násady se mění i druh jeho použití – k měření nejrůznějších veličin. Zdrojem záření je halogenová projekční žárovka, přijímačem prošlého záření je vakuová fotonka citlivá na modrou (rozsah 340-620 nm) nebo červenou (620-850 nm) barvu. Indikace naměřené hodnoty je digitální čtyřmístná. Záření prochází nejprve kondenzátorem a filtrem, který vymezení příslušnou vlnovou délku (340-850 nm), Pro průchodu kyvetou dopadá zeslabené záření na fotonku a dále se vyhodnocuje (15).

Přístroj je složen z těchto částí (viz. obrázek VI-5)



Obrázek VI-5 Zjednodušené schéma spektrofotometru ⁴

⁴ Zdroj schématu z http://ksicht.iglu.cz/serial.php?id_serie=1

Přístroj Elrepho

Přístroj Elrepho od firmy Datacolor je spektrofotometr připojen k počítači slouží pro měření remise textilního vzorků.

Přístroj Ahiba – pro intenzivní a stejnoměrné barvení textilních materiál

Přístroj Ahiba se užívá jako barvicí a zkušební aparát určený pro barvení všech druhů vláken, přírodních i umělých substrátů bez omezení (ve formě volného materiálu, vložky, česance, přadena, vlákna vytahovacím způsobem).



Obrázek VI-6 Zobrazení přístroje ahiba⁵

Ohřev lázně je pomocí infrazářičů a chlazení ofukem. Teplotní rozsah je od 20 do 140° C. Hmotnost vzorků je 5g u nejmenších nádobek o objemu 150 cm³. Není-li volný pohyb substrátu v barvicí nádobce během barvení žádoucí, pak se pro jeho fixaci používá tzv. vidličkovitých držáků. Do paměti aparátu lze uložit 5 barvicích programů. Nastavitelné parametry jsou teplota, čas, teplotní gradient, rychlost a směr rotace karuselu s barvicím nádobkami.

Barvicí nádobky se pomocí západky umísťují na otočný karusel. Karusel s nádobkami se nemusí při barvení osadit plně. Minimální počet osazení karuselu jsou dvě nádobky. Nádobky umísťujeme souměrně tak, aby při otáčení, ač pomalém, nevznikala větší nevyváženost. Vždy je ale nutné osadit karusel nádobkou s teplotním čidlem. Speciální pětilitrová zkušební nádoba se nasazuje přímo na osu pohonu. Tlakové barvicí nádobky jsou dodávány nerezové matné. Tento barvicí aparát je současně určen i pro interní zkoušky stálosti.

⁵ Zdroj <http://www.datacolor.com/ahiba/ahiba-nuance-top-speed-ii/>

VI.4 Použité textilní materiály

Bylo využito těchto materiálů pro analýzu: bavlna, len, vlna, viskóza, viskóza 1, lyocell, polyamid. U každého vlákna byla zjištěná geometrická struktura vláken v podélném a příčném řezu, kde následně byla provedena analýza příčného řezu vlákna pomocí *obrazové analýzy* systému Lucie G.

Obrazová analýza je systém využívající pro zpracování obrazu výpočetní techniku. Do systému se vstupuje přímo z mikroskopu nebo z fotografie sejmuté pomocí obrazových elementů, tzv. pixelů. Systém se kalibruje sejmutím obrazu o známé velikosti, tzn. přiřazujeme skutečné hodnoty velikosti strany a plochy.

Jednotlivé zachycené výsledky jsou v následujících popisech (VI-1) tabulky.

| Plocha průřezu (S)- μm | | Eq - Průměr vlákna - μm | | Délka obvodu (O)-μm | |
|---------------------------|------|----------------------------|----|------------------------|-----|
| PA | 5390 | PA | 82 | PA | 292 |
| LI | 3332 | LI | 64 | LI | 237 |
| WO | 2683 | WO | 58 | WO | 189 |
| CO | 2019 | CO | 50 | CO | 186 |
| CV 1 | 1366 | CV1 | 41 | CV1 | 157 |
| CV | 1193 | CV | 39 | CV | 142 |
| CLY | 1041 | CLY | 36 | CLY | 121 |

Tabulka VI-1 Zobrazení struktury příčného řezu vlákna pomocí systému Lucie- hodnoty jsou v průměru ukazující obsah, průměr, obvod řezů

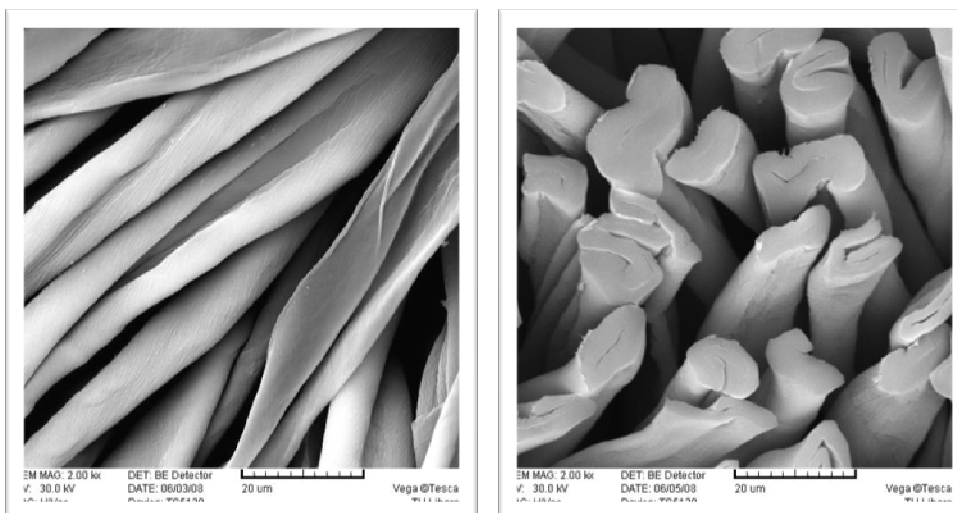
Hodnoty jsou orientační, pro přesné určení je třeba proměřit u každého textilního materiálu přibližně 500 vláken v příčném směru. Příčný řez vykazuje odlišné parametry, což svědčí o jiných vlastnostech každého vlákna, čímž je jeden z ukazatelů sorpce barviva na materiál.

VI.4.1 Bavlna

Bavlna se řadí mezi nejdůležitější a nejstarší textilní vlákna přírodního původu.

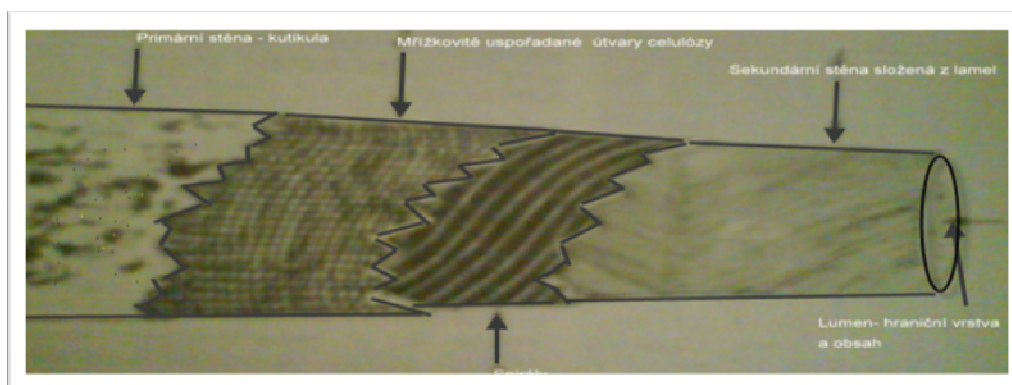
Morfologie bavlněného vlákna

Bavlněné vlákno jednobuněčného útvaru vyrůstá z pokožky semen bavlníku. Pod mikroskopem se jeví zralá vlákna jako stužka se zesílenými oblými okraji, mírně zkroucená kolem své podélné osy.



Obrázek VI-7 (Foto z REM) Bavlněné vlákno pod mikroskopem – pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo

Povrch vlákna (ukazuje obr. VI-7,8) je potažen jemnou pevnou pokožkou – kutikulou (primární stěna), obsahující vosky a pektiny. Vosk chrání vnitřní část vlákna. Na vnitřní straně primární stěny je uložena stěna sekundární. Jedná se o lamely z mřížkovitě uspořádaných útvarů celulózy. Sekundární stěna se skládá nejméně ze sedmi strukturních prvků. Celá délka zahrnuje dutinu – lumen, zaplněný vzduchem a zbytky protoplazmy. Tloušťka bavlněných vláken je 12 – 45 µm, délka 10 – 60 mm.



Obrázek VI-8 Schéma bavlněného vlákna (16)

Složení bavlněného vlákna

Obsah látek závisí na oblasti pěstování výskytu vlákna.

Celulóza 88 – 96% - hlavní stavební prvek vlákna, zvláště v sekundární stěně. pektiny 0,9 – 1,2%, bílkoviny 1,1 – 1,9%, vosky 0,3 – 1%, organické kyseliny 0,5 – 1%, minerální soli 0,7 – 1,6%, cukry 0,3%, ostatní 0,9% (11).

Vlastnosti vlákna

Materiál je svým složením v podstatě celulóza, je stálá v alkáliích a nestálá v kyselinách. Při barvení celulózy působí mezi hydroxylovými skupinami celulózy a barvivem na jedné straně a mezi barvivem a skupinami OH⁻ vody na straně druhé v podobě stejné síly. Barviva ve vodě rozpustná se obtížně na celulózu „natahují“ a lehce se z ní vypírá zpět. K odstranění této vlastnosti se dříve používalo moření. Nyní se barvení bavlny provádí barvivy substantivními, tj. barvivy přímými apod.

Barvitelnost bavlny je ovlivněna klimatickými podmínkami, zralostí, původem, předúpravou. Podmínky růstu mají vliv na zralost bavlny. Zralá vlákna mají plně vyvinutou sekundární celulóзовou stěnu, polozralá a nezralá vlákna mají tuto stěnu slabší, mrtvá vlákna tuto stěnu prakticky nemají a tak se nemohou barvit (po barvení zůstávají stejně bílé), tj. sekundární stěna je nositelem vybarvovacích schopností vlákna.

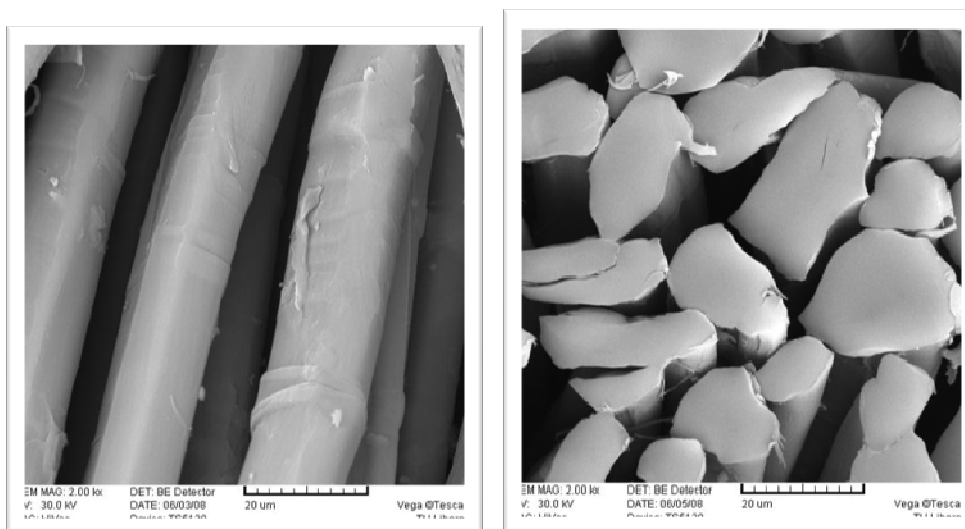
VI.4.2 Len

Chemické složení lnu

Skládá se asi z 80% cel., 0,8 – 5,5% ligninu, 2 – 4% tuků, vosků a 2 – 10% pektinů.

Vzhled a stavba vlákna (zobrazuje obr. VI-9)

Zralé vlákno má žlutou barvu a vyznačuje se lesklostí a hladkostí. Pod mikroskopem jsou na něm vidět kolínka. Na průřezu se vlákno jeví jako pětiúhelník se silnými stěnami. Uvnitř vlákna je lumen. Lněné vlákno tvoří jádro stonku. Průměrná tloušťka elementárních vláken je 19 μm, průměrná délka 32 mm.



Obrázek VI-9 (Foto z REM) Vzhled lnu pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo

Vlastnosti lněných vláken

Vlákná se vyznačují vysokou pevností (440 – 530 mN/tex zasucha) a nízkou tažností (0,6 – 1,8% zamokra). Mají velkou navlhavost, jsou schopné přijmout až 30% vody a přitom nejsou na omak mokrá.

Jelikož jsou vlákna hladká, obsahují málo vzduchu a dobře vedou teplo, ve srovnání s bavlnou je jejich hřejivost menší a na omak působí chladivě.

Tepelná odolnost je vyšší než u bavlny. Celkově vlákno stárne velmi pomalu, delším působením slunečního světla ztrácí postupně svou pevnost. Na účinek kyselin je len citlivější než bavlna. Působením roztoků hydroxydů se poškozuje pomaleji.

VI.4.3 Vlna

Vlna se získává stříháním ovcí ve formě rouna, které tvoří souvislou vrstvu spojenou vlasovým tukem a potem. Uvnitř rouna je různorodá jakost vlny.

Základem vlny je keratin. Její chemickou podstatou tvoří polyamidové řetězce z aminokarboxylových kyselin, příčně pospojované disulfidickými a jinými vazbami, které činí vlákna elastická. Aminoskupiny a karboxylové skupiny umožňují barvit vlnu kyselými i bazickými barvivy. Na vazbě barviva s vláknem se podílí iontová vazba (skupiny vlákna schopné tvořit sole s barvivem) a adsorpční pochody.

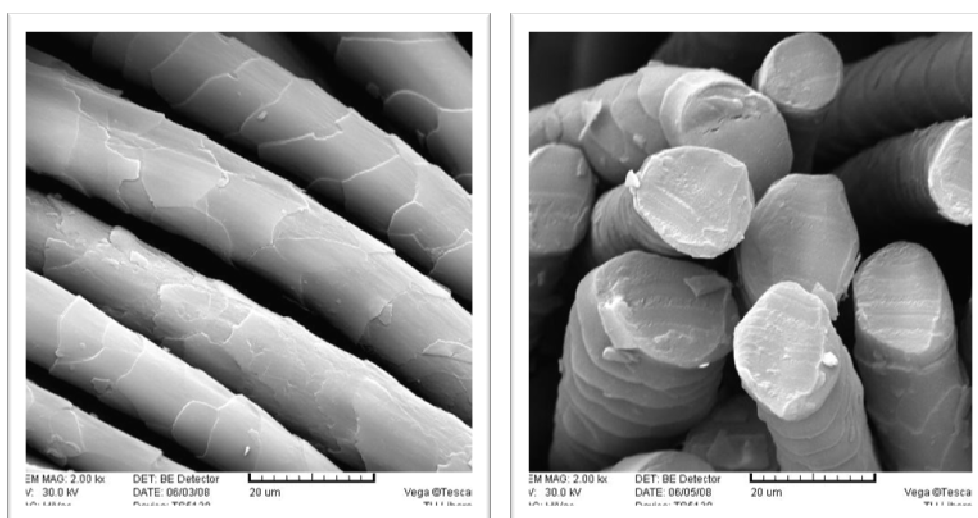
Vlna působením vody bobtná, tím se zvětšují vnitřní kanálky vláken a barvivo může rychle a snadno do nich vnikat.

Rozlišení vlny dle jemnosti a délky:

Jemnost je důležitá část při řazení do kategorie tříd a vyjadřuje průměrnou tloušťkou vlákna. Kvalita se označuje písmeny A (ovce merinované – jemná, krátká vlákna), B (ovce anglické typ Sounthdown – tmavá vlákna), C (ovce kříženecké), D (ovce anglické, typ licoln – lesklá), E (vlna alpaka), F (vlna mohérová). Jemná vlna se více plstí, zkadeří a je kratší.

Morfologie vlny:

Pohled na vlněné vlákno (obrázek VI-10) v příčném a podélném řezu.



Obrázek VI-10 (Foto z REM) Vzhled vlny pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo

Vlněný vlas vyrůstá z vlasové cibulky uložené v kůži a tvoří jej:

Kutikula (pokožka) – tvoří šupinkovitý kryt povrchu vlákna. Zahrnuje endokutikulu, exokutikulu, epikutikulu.

Epikutikulu – jedná se o pokožku silnou 10 nm, která uzavírá buňky šupin vůči vnějšku a pokrývá celé vlákno s výjma špičky. Tato část je důležitá pro barvení.

Bilaterální struktura, způsobuje kadeření vlny, orto a parakortex obtáčejí vlas ve šroubovici. Skládá se ze dvou základních modifikací kortexu orto a para.

Kortex – jádro vlákna je tvořeno ortokortex (lépe utvořené fibrily a glycin, tato část se lépe barví a hydrolyzuje), parakortex (obsahuje více cystinu a příčné S-S můstky, je tvrdší a obsahuje méně amorfního popiva).

Medula (dutina) – vnitřní centrální dutina.

Mezi všemi vrstvami se vyskytuje beztvářá *matrix*⁶ jako pojivo.

Čistě vlákno je tvořeno z keratinu, pigmentu a chemicky vázané vlhkosti. Z chemických prvků je 50% zastoupen uhlík, 40% kyslík a dusík.

Vlastnosti vlny:

Řetězcové molekuly dávají vláknu pružnost a ohebnost. Vlna je méně pevná než jiná textilní vlákna. Za mokra ztrácí asi 10-20 % pevnosti, ale je téměř nemačková.

| Vlákno | Pevnost v tahu mN/tex | Tažnost % | Navlhavost |
|---------|--------------------------|-----------|------------|
| Vlna | 90-180 | 25-35 | 16-18 |
| Viskóza | 180-350 | 15-30 | 26-28 |

Tabulka VI-2 Porovnání vlastností u vlněných a viskózových vláken⁷

VI.4.4 Viskóza

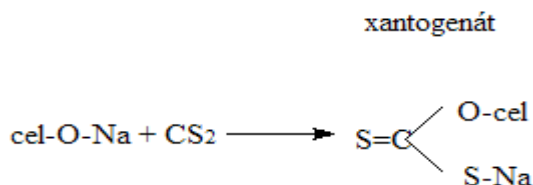
Viskózová vlákna tvoří většinu chemických vláken z přírodních polymerů (rozdíly obr. VI-2).

Výroba celulózy

Vyrábí se z buničiny, kdy působením hydroxidu sodného vzniká *alkalixelulosa*, která nějakou dobu předtím dozrává.



Po této reakci vznikne alkalixelulosa, která se mísí se sirouhlíkem a reakcí těchto substancí vznikne xantogenát celulózy. Xantogenát (obr. VI-11) se rozpustí ve zředěném roztoku hydroxidu sodného a vzniká přadný roztok – viskóza, která zase zraje a nakonec se zvláknuje.



Obrázek VI-11 Výroba celulózy vlákna

Při zvláknování a dloužení vzniká fibrilární struktura.

⁶ Je to beztvářá rozptýlená bílkovinná hmota s vysokým obsahem cystinu

⁷ Zdroj z Wikipedie <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/493715-ovci-vlna>

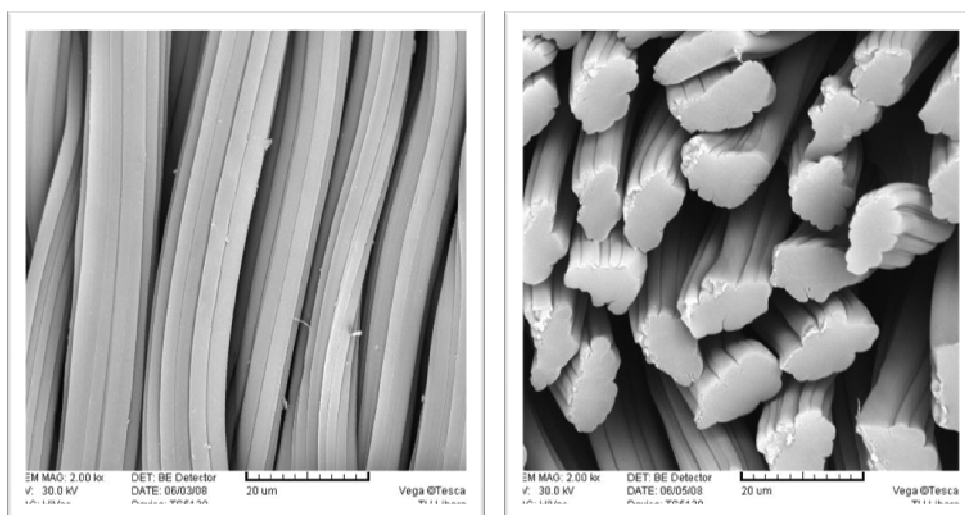
Radiálně proměnná struktura

Na povrchu vlákna obsažena SKIN (kutikula), kde je silně orientovaná a dobře uspořádaná vysoká krystalinita. Následuje KÓRA, část lepě barvitelná a pevná – má malé dobře orientované krystality mající pórovitou makrostrukturu. Vnitřek vlákna obsahuje DŘEŇ, kde jsou větší, méně orientované krystality, které jsou méně pórovité a špatně se barví. Vyznačují se menší pevností.

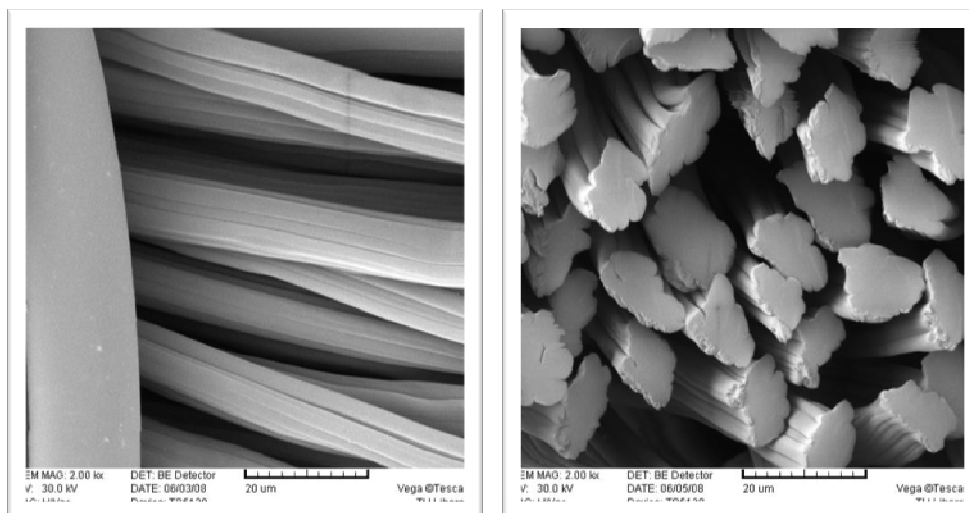
Příčinnou radiálně proměnné struktury a vysokého obsahu dřene je malá odolnost v ohybu.

Vzhled a stavba vlákna (obrázky 5-12,13)

Viskózová vlákna mají pod mikroskopem vzhled rýhované tyčinky, kde jsou patrné stopy matovacího prostředku. Příčný rozměr má 10 až 50 μm . Jemnost vlákna se pohybuje u hedvábí 67 až 660 dtex a u kordu 1200 až 3600 dtex. Měrná hmotnost (hustota) vlákna je 1500 – 1520 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (17).



Obrázek VI-12 (Foto z REM) Vzhled viskózy pod mikroskopem - podélný řez vlevo, příčný řez vpravo



Obrázek VI-13 (Foto z RAM) Vzhled viskózy 1 pod mikroskopem - podélný řez vlevo, příčný řez vpravo

Příčný řez viskózového vlákna má tvar nepravidelný ve formě obláčků. Obě dvě vlákna se liší svou vazbou a složením, viskóza 1 obsahuje CV 98%, PA 2%.

Charakteristika vláken

Viskózová vlákna ve vodě silněji bobtnají a jsou citlivější na alkálie než u bavlněných vláken. Pevnost vláken v mokřem stavu je horší, může dojít k deformaci či porušení vláken při intenzivnějším mechanickém zacházení. Pro barvení se přídavek uhličitánu sodného omezuje a maximální teplota zpracování je do 80° až 90° C.

Ve srovnání viskózy s bavlnou se vlákna podobají v tom, že se barví stejnými skupinami barviv. Mají snadnější barvitelnost, která vedle volnější struktury vlákna je podmíněna *rozdílným obsahem amorfního a krystalického podílu* i jiným stupněm orientace molekulárních řetězců celulózy. Bavlna obsahuje 3% amorfního podílu, viskóza 40% a tzn., že vlákna s větším podílem jsou snáze barvitelná. Ovlivnění struktury její změny má za následek změnu vlastností při barvení vláken (18).

Vlastnosti viskózových vláken

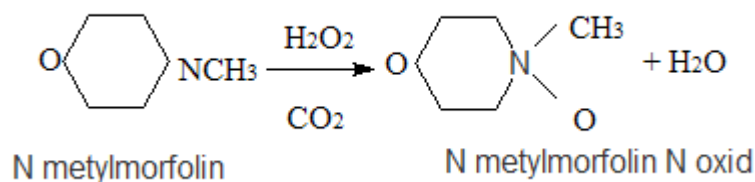
Viskózová vlákna jsou málo odolná vůči alkáliím, nejsou vhodná pro časté praní, svým chováním jsou podobná bavlně. Působením světla na vlákno dochází ke zhoršení pevnosti a k nepatrné změně barvy. Vlákna mají sklon ke vzniku elektrostatického náboje.

VI.4.5 Lyocell (tencel)

Lyocell je vlákno rostlinného původu. Vyrábí se z regenerované celulózy. Vlákno je šetrné k životnímu prostředí a bylo navrženo pro dobré charakteristické vlastnosti při nošení. Lyocell je měkký jako hedvábí, silný jako polyester, hřejivý i dobrý absorbér jako bavlna.

Výroba

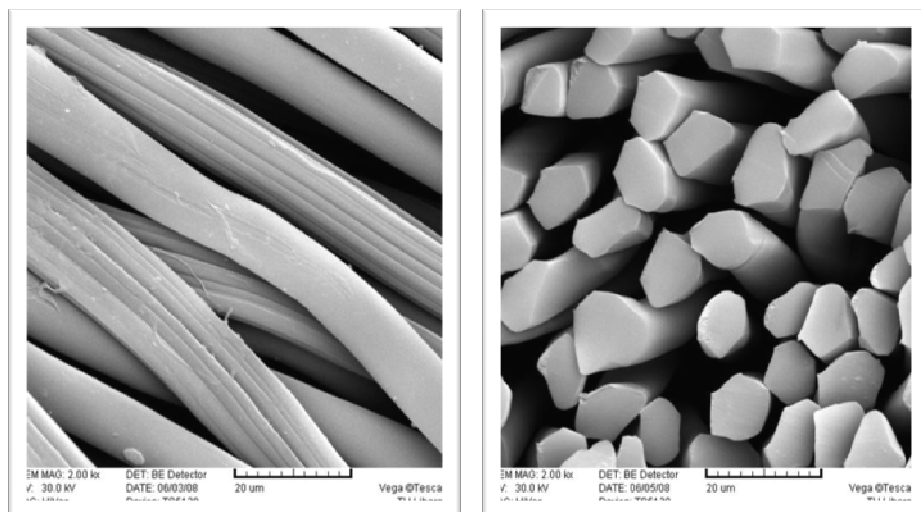
Založena na speciálním postupu přípravy koncentrovaných roztoků (do 23%) celulózy v NMMO (n-metyl-morfolin–n-oxid). Výroba lyocellu (viz. obr. VI-14) začíná z disperze celulózy (slurry) ve směsi voda NMMO (roztok).



Obrázek VI-14 Výroba lyocellu

Vzhled a stavba vlákna

Lyocellová vlákna (obr. 6-15) vykazují tvar rýhované, rovné tyčinky a zaoblení kruhového tvaru.



Obrázek VI-15 (Foto z REM) Vzhled lyocellu pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo

Vlastnosti vláken

Porózita vláken je radiálně homogenní, jen na povrchu je menší vrstva s vysokou hustotou materiálu. Lyocellová vlákna se vyznačují velmi dobrou stabilitou a mechanickými vlastnostmi.

Srovnání vláken (tab. VI-3) viskózy a lyocellu (17):

| Označení | Viskóza | Lyocell |
|--|------------|------------|
| Fibrilace (stupeň od 1 nefibriluje do 6 silně fibriluje) | 1 | 4-6 |
| Pevnost suchá (cN/dtex) | 2.2 | 4.2 |
| Pevnost mokrá (cN/dtex) | 1.2 | 3.6 |
| Retence vody (mechanicky vázaná voda odstraněna odstředěním) | 90-100 | 65 |
| PPS ⁸ | 300 | 600 |
| Příčný řez | Laločnatý | Oválný |
| Krystalinita | Nízká 27 % | Vysoká 42% |

Tabulka VI-3 Rozdíly celulózy mezi dvěma vlákny

VI.4.6 Polyamid

Polyamidová vlákna mají obdobné chemické složení jako vlna, liší se od sebe, že nemají žádné volné aminoskupiny a karboxyl skupiny. Jednotlivé řetězce nejsou příčně spojeny disulfidickými řetězci. To se projeví menší odolností tvořit iontovou vazbu, tím dojde ke zhoršení barvicího procesu než u vlny. Schopnost vláken přijímat barvivo určují koncové aminoskupiny ($-NH_2$), amidoskupiny ($-NH-CO$) které se vážou na silně kyselá barviva a vnitřní karboxylové skupiny ($-COOH$), pak bazická barviva. Ve své molekule obsahují kyselé a zásadité skupiny, mají amfoterní charakter. Lehčí barvení způsobuje velká navlhavost vláken. Polyamid se barví disperzními, kyselými, reaktivními barvivy.

Barvení polyamid přijme menší množství barviva než vlna (PA 4%, WO 30%). Polyamid má méně koncových aminoskupin, tím se naváže menší množství barviva a dosáhne se světlých až středních vybarvení.

Výroba

- **Polyamid 6**, který se vyrábí polymerací ϵ – kaprolaktamu a jeho základní strukturní vzorec je:

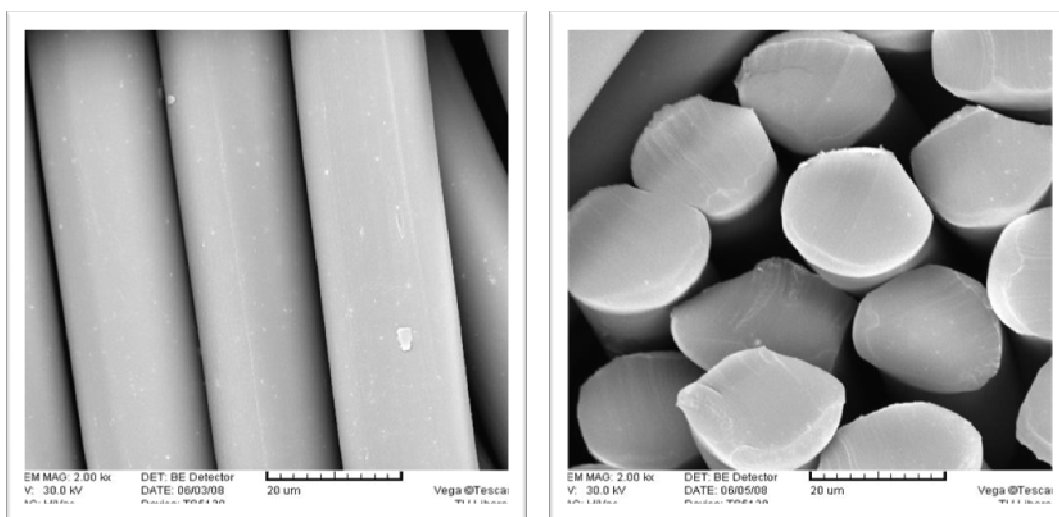


⁸ PPS - průměrný polymerační stupeň tzn. délka řetězce

- **Polyamid 6.6**, vzniká polykondenzací hexametylendiaminu a kyseliny adipové, jehož základní strukturní vzorec je:



Vzhled a stavba vlákna pořízen na obrázku (VI-16)



Obrázek VI-16 (Foto z REM) Vzhled polyamidu 6.6 pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez tvaru kruhového vpravo

Vlastnosti vláken

Vlákna se vyznačují dobrou pevností, elasticitou a dobrou tvarovou stálostí. Mají však velký sklon ke vzniku elektrostatického náboje. Jejich nežádoucí vlastností je malá navlhavost. Působením kyselin se poškozuje vlákna, naproti zásadám jsou odolná.

VI.5 Experimenty

Barvicí proces pro azobarviva je stejný, liší se pouze přepočty jednotlivých násadních procent, který je vždy uveden v tabulce pro příslušné barvivo.

V následujících částech se zjišťovala remise a koncentrace barviva u obarvených textilních materiálů. Remise se přepočítala pomocí Kubelka-Munkova zákona. Byl posuzován vztah těchto dvou hodnot K/S v závislosti na Cs. Tyto dvě hodnoty se podělí a zjistíme stav vytažení celkového barviva.

VI.5.1 Zjištění absorbance, vlnové délky a regrese u vybraných barviv

Pomůcky - kádinky, pipety, odměrné baňky, analytické váhy, vaříč, spektrofotometr, tyčinky, hodinové sklo, kyvety.

Chemikálie - midlonová barviva, destilovaná voda.

Pracovní postup:

Příprava zásobních roztoku barviv 1 g.l

Odvážili jsme požadované množství 1 g midlonových barviv (oranž, červen, modř) na analytických vahách. Barvivo se rozpustilo v málem množství vody za stálého míchání a poté se rozpustilo za vyšší teploty, aby nedošlo k zákalu. Jednotlivá barviva se převedla do jednolitrových odměrných baněk s uzávěrem a doplnila destilovanou vodou po rysku za stálého míchání, aby došlo k dokonalému rozpuštění barviva.

Příprava koncentrační řady

Ze zásobních roztoků 1 g.l⁻¹ barviva bylo odpipetováno přesně do jednotlivých 100 ml odměrných baněk koncentrační řada 0,1 ml, 0,2 ml, 0,5 ml, 1 ml, 5 ml, 10 ml a vše doplněno po rysku destilovanou vodou. Roztoky byly intenzivně promíchány.

Spektrofotometrické měření barviva roztoku

Spektrofotometr se připojuje k zařízení, které vyhodnocuje jednotlivá data. Do jedné části spektrofotometru byla vložena kyveta s destilovanou vodou a do druhé části roztok připraveného barviva. Ze spektrofotometru byla zjištěna maximální vlnová délka a absorbance barviv.

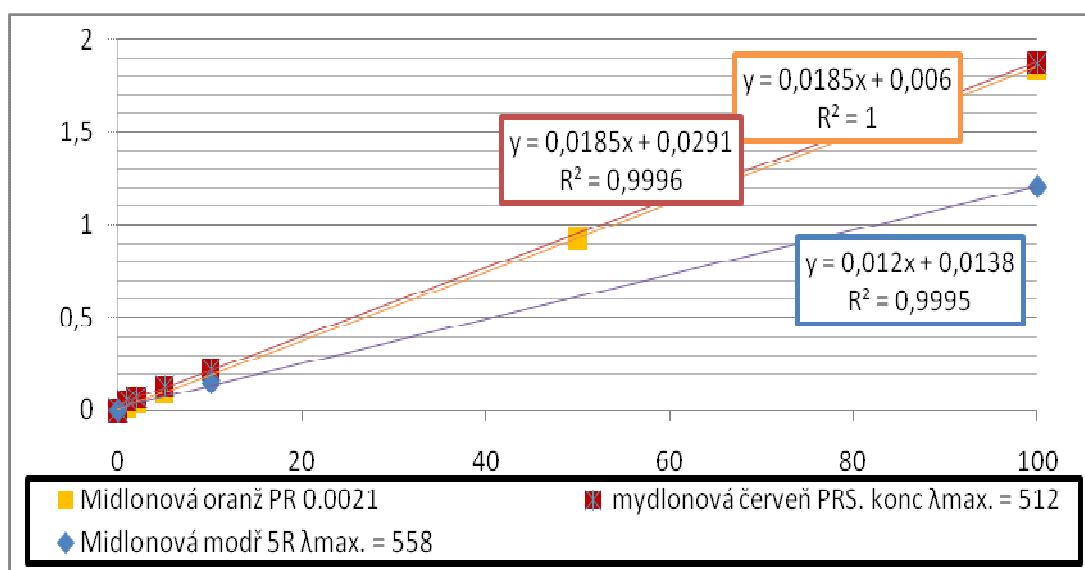
Naměřená data:

Tabulka (VI-4) zjištěných hodnot azobarviv pro barvení textilních materiálů:

| Barvivo | | Červen PRS. konc. | Oranž PR | Modř 5R |
|--------------|------------------------|----------------------|----------|---------|
| Vlnová délka | λ_{max} | Absorbance | | |
| mg. g | ml | 512 nm | 454 nm | 558 nm |
| 1 | 0,1 | 0,056 | 0,023 | 0,06 |
| 2 | 0,2 | 0,073 | 0,051 | 0,073 |
| 5 | 0,5 | 0,129 | 0,096 | 0,097 |
| 10 | 1 | 0,222 | 0,146 | 0,149 |
| 50 | 5 | 0,921 | 0,932 | 0,591 |
| 100 | 10 | 1,879 | 1,850 | 1,211 |

Tabulka VI-4 Naměřené hodnoty azobarviva

Pomocí absorbance a koncentrace barviva v lázni byla zhotovena lineární závislost (obr. VI-17).



Obrázek VI-17 Lineární závislost barviv- osa X ukazuje závislost koncentrace barviva (mg.g) a osa Y absorpance barviva

Grafické znázornění rovnic slouží pro další výpočty koncentrace barviva v lázni.

VI.5.2 Receptura

Pro všechna barviva je receptura stejná. Způsob barvení je za tepla v barvicí lázni v postupném natahování na textilní materiál za stejných teplotních podmínek.

Receptura tvoří -

- Zásobní roztok barviva 1 g. l⁻¹
- Poměr barvicí lázně 1:50, což odpovídá 1 g textilního materiálů na 50 ml textilní lázně.
- Násadní procento (obsah barviva odpovídající na celkovou lázeň), u každého barviva jiné hodnoty

Hodnota pH barvicí lázně se upravuje přísadou, 5 % CH₃COONH₄ a 10% Na₂SO₄

Počáteční teplota barvicí lázně je 20 – 40° C po dobu 30 minut.

Poté se zvýší na 90° C, zboží se barví 60 minut.

VI.5.3 Výpočty

VI.5.3.1 Stanovení koncentrace barviva na vlákně nepřímou metodou

Ke stanovení koncentrace barviva na vlákně se nejčastěji používá nepřímá metoda: z koncentrace barviva v barvicí lázni C_L (g.l^{-1}), z délky lázně (1:P) a násadního procenta (N %) se vypočte koncentrace barviva na vlákně v průběhu barvení C_S (mg.g^{-1}):

$$C_S = (10 \cdot N \%) - (C_L \cdot P \cdot 0,001) \quad (18)$$

Koncentrace barviva ve zbylé barvicí lázni se zjišťuje spektrofotometrickým proměřením vhodně zředěné lázně a srovnávacích (kalibračních resp., standardních) roztoků. Využívá se Lambert - Beerova zákona, který popisuje závislost absorbance světla (A) při průchodu roztokem na koncentraci rozpuštěné barevné substance v roztoku C_L :

$$A = C_L \cdot \epsilon \quad (19)$$

ϵ ... absorbanční koeficient platí pro dané experimentální podmínky (vlnová délka, teplota)

Lambert-Beerův zákon lze použít pouze na určitém intervalu koncentrací (cca 0,1 do 0,7). Při překročení koncentrací (absorbancí) dochází k odchylkám od lineárního průběhu (19).

VI.5.4 Barvení vybraných textilních materiálů

1. Midlonová červeň PRS konc. – procentní vybarvení 0,2; 0,5; 0,75; 1
2. Midlonová oranž PR – procentní vybarvení 0,25; 0,5; 0,75; 1
3. Midlonová modř 5R – procentní vybarvení 0,4; 0,5; 0,75; 1

VI.5.4.1 Pracovní postup pro barviva a textilní materiál

Příprava textilních materiálů, barvicích lázní a standardu (kalibrační řady) pro spektrofotometrii

Navázilo se přesně na analytických vahách 2 gramy po 4 kouscích od každého textilního materiálu (CO, LI, WO, PA, CV, CV1, CLY), celkem 28 vzorků.

Byly připraveny barvicí lázně v poměru 1: 50 násadních procent pro červeně 0,2; 0,75 a 0,5; 1, (oranž 0,25; 0,75 a 0,5; 1 a modř 0,4; 0,75 a 0,5; 1) do 1000 ml odměrných baněk se zábrusem.

Celkem se připravilo 2 x 14 lázní pro každé násadní procento a textilní materiál. Rozpis množství barviva, přísad ukazuje následující tabulka (VI-5) pro **červeně, oranž, modř**.

| Násadní procento vybarvení (N%) | | 0,2 | 0,25 | 0,4 | 0,75 | 0,5 | 1 |
|---------------------------------|---------------------------|--------|------|-----|------|-----|----|
| Barvivo (ml) C_L | | 4 | 5 | 8 | 15 | 10 | 20 |
| Přísady | 1 g. I Octan amonný (ml) | 20 | | | | | |
| | 2,5 g. I Síran sodný (ml) | 50 | | | | | |
| Destilovaná voda (ml) | | 26 | 25 | 22 | 15 | 20 | 10 |
| Celkový objem 1 barvicí lázně | | 100 ml | | | | | |

Tabulka VI-5 Receptura pro azobarviva - poměr lázně 1:50 na 2 gramy textilního materiálu

Ze zásobných roztoků barvicí lázně N% byla připravena koncentrační řada 2 ml, 5 ml, 10 ml, 20 ml do odměrných baněk objemu 100 ml. Kalibrační řada se změřila na spektrofotometru, posloužila nám ke kontrole spotřeby množství barviva. Veškeré měřené hodnoty kalibrační řady z původního roztoku pro barvení ukazuje následující **příloha 2**.

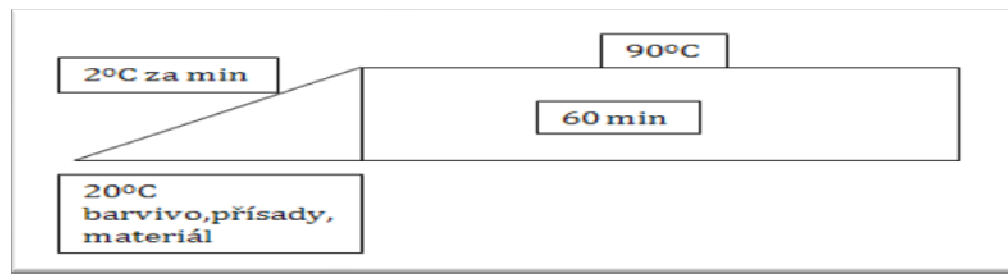
Barvení na přístroji Ahiba nuance eco s proměření lázní po barvení na spektrofotometru

Připravené barvicí zásobní lázně (N% 0,2; 0,75 a 0,5; 1) se přesně odměřily do jednotlivých 100 ml odměrných baněk. Jednotlivé barvicí lázně tzn. 14 celkem pro jedno barvení N% (0,2; 0,75) a pro druhé barvení N% (0,5; 1) byly převedeny do barvicích nádobek. Do každé barvicí lázně byl vhozen a důkladně zamíchán textilní materiál. Na horní část nádobek se pevně umístila víčka, která se připevnila pomocí otočného šroubu.

Barvicí nádoby pomocí horní západky byly umístěny na otočný karusel Ahiby souměrně tak, aby nedocházelo k nevyváženosti. Vždy musí být karusel osazen nádobkou s teplotním čidlem.

Na displeji přístroje se naprogramovala teplota, čas, teplotní gradient, rychlost a směr rotace karuselu s barvicími nádobkami.

Počáteční teplota barvicí lázně 20° C při současném stoupání teplotního gradientu 2° za minutu (35 minut) až k náběhu 90° C po dobu 60 minut.



Obrázek VI-18 Schéma nastavení barvení v přístroji Ahiba nuance eco

Po skončení barvicího cyklu (obr.VI-18) byly barvicí nádoby otevřeny a lázeň byla přemístěna do odměrné baňky 200 ml s filtrační nálevkou, kde se textilní materiál důkladně odmačkl od zbytku barviva. Textilní materiály prošly sušením, žehlením a následně měřením remise na spektrofotometru od firmy Datacolor.

Všechny koncentrace ve zbylé lázni prošly naředěním destilovanou vodou, pečlivým mícháním tyčinkou v odměrné baňce.

Části koncentrací ve zbylých lázních se proměřily na Spekolu 11 (pro přesnost třikrát proměřované).

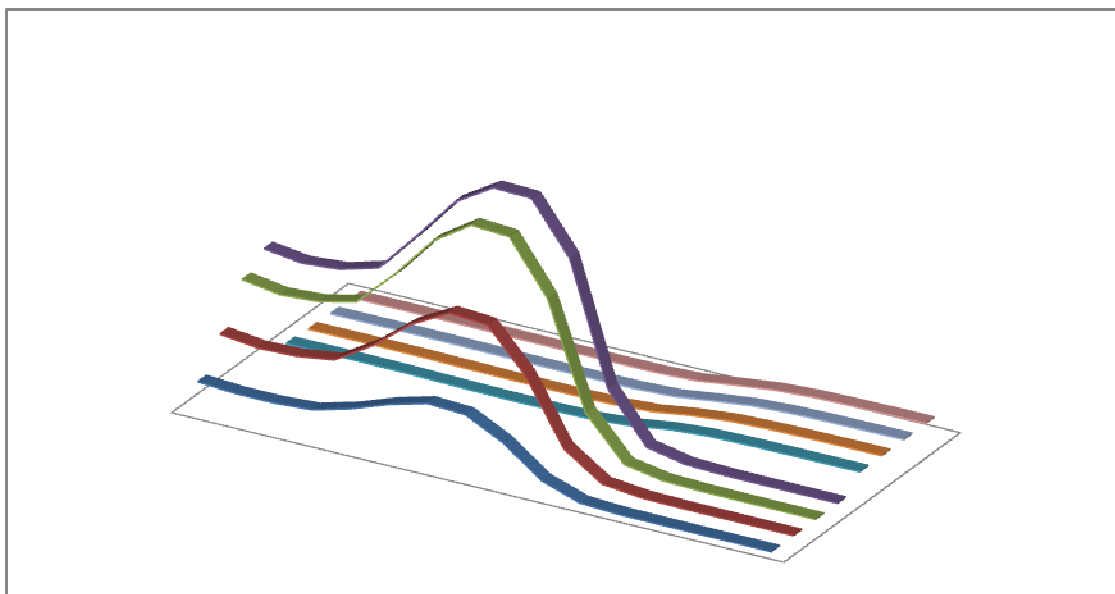
Měření remise textilního materiálu

Příslušné hodnoty pro měření vzorku nastavíme na počítači, ke kterému je připojen kolorimetr. Přístroj se kalibruje pomocí černého, bílého, zeleného standardu třikrát, jestliže počítač ukáže při kalibrování *pass*, můžeme pokračovat v měření vzorku. Dojde-li k však k chybě *fail*, je třeba přístroj znovu nastavit (nakalibrovat).

Jednotlivé vzorky přeložené na dvakrát vkládáme do pohybového čidla tak, aby nedošlo k prosvícení textilního materiálu. Vložený obarvený vzorek se proměřuje čtyřikrát, vždy se překládá v jiném směru v rubové nebo lícové straně.

Všechny naměřené textilní vzorky bavlny, lnu, vlny, polyamidu, lyocellu, viskózy 1, viskózy 2 s vybarvením N% 0,2; 0,75 a 0,5; 1 midlonového barviva se uložily do jednoho souboru. Jednotlivá remisní data se zpracovala v programu Excel.

Vlnová délka u dat byla od 400 nm do 700 nm tj. ve viditelné oblasti. Ukázka remise a K/S hodnoty na obrázku (VI-19).



Obrázek VI-19 Zobrazení obarveného polyamidu na ose X vlnová délka ve viditelné oblasti v závislosti na ose Y remise a K/S hodnota

VI.5.4.2 Měření a výpočty obarvených textilních materiálů pro všechny použité azobarviva – červené, oranžové, modré

VI.5.4.2.1 Přepočet remise na K/S hodnotu

Naměřená remisní data obarvených textilních materiálů se přepočítala pomocí K/S hodnoty dle Kubelka-Munkova zákona (viz. Kap III.4.2).

Remisní data obsahuje:

Příloha 4 -midlonová červená PRS konc.

Příloha 8 - midlonová oranž PR

Příloha 11 – midlonová modř 5R

VI.5.4.2.2 Zjištění koncentrace barviva ve zbylé lázni, procenta vytažení a koncentraci v substrátech

Lambert-Beerův zákon posloužil pro zjištění koncentrace barviva ve zbylé lázni C_L , jež se vypočte pomocí naměřených hodnot absorpance a zjištěných hodnot lineární regrese barviv a,b.

$$C_L = \frac{(A-a)}{b} \quad [g.l^{-1}] \quad (20)$$

Procento vytažení E % se vypočte z hodnot koncentrace barviva v lázni před barvením C_{L0} a koncentrací barviva ve zbylé lázni C_L .

$$E \% = 100 \cdot \frac{(C_{L0} - C_L)}{C_{L0}} \quad (21)$$

Koncentraci barviva na vlákne (substrátů) C_s lze vypočítat pomocí hodnot násadního procenta vybarvení $N \%$ a procenta vytažení $E \%$.

$$C_s = N \% \cdot \left(\frac{\%E}{10} \right) \quad [\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}] \quad (22)$$

U vláken závisí hodně na morfologické struktuře a jejich uspořádání, které bylo zjištěno pomocí *rastrovacího mikroskopu v podélném a příčném řezu*.

Zpracované hodnoty vzorců ukazují -

- Azobarvivo červeň PRS konc. - **Příloha 3**
- Azobarvivo oranž PR - **Příloha 7**
- Azobarvivo modře 5R - **Příloha 10**

Tyto přílohy zahrnují naměřené absorbance barviv.

VI.5.4.2.3 Vztah mezi K/S hodnotou a koncentrací barviva v substrátu

Kubelka - Munkova závislost je součástí Lambert-Beerova zákona platící pro roztoky, ale Kubelka-Munkův vztah je zatížen strukturou substrátu, tzn. často vykazuje odchylky od linearity. Parametr K/S je lineárně závislý na koncentraci ve vlákne.

V následující části byl přepočet K/S dělen C_s , přičemž jsme získali závislost obou hodnot. Nelze vždy dosáhnout požadované přesnosti, vždy se ukáže nějaká odchylka v měření, což závisí na všech dílčích krocích, které na sebe navazují.

VI.5.4.3 **Výsledky midlonového barviva**

Přepočtem mezi dvěma hodnotami K/S a C_s jsme získali určitou konstantu k . Konstanta značí jednotlivou závislost mezi barvivem a vláknem. Celkový průběh vytažení a působení při podmínkách barvení jsou u každého materiálu zcela odlišné. Jednotlivé průběhy působení jsou vyznačené v grafech pro příslušné barvivo s textilním materiálem (červeň, oranž, modř), které ukazují 10 až 20 % odchylku. Teoretická situace popisuje stav, kdy se mají všechny hodnoty k setkávat v jednom bodě, ale vzhledem k různým podmínkách měření toho nelze zcela dosáhnout.

VI.5.4.3.1 Červené PRS konc. azobarvivo

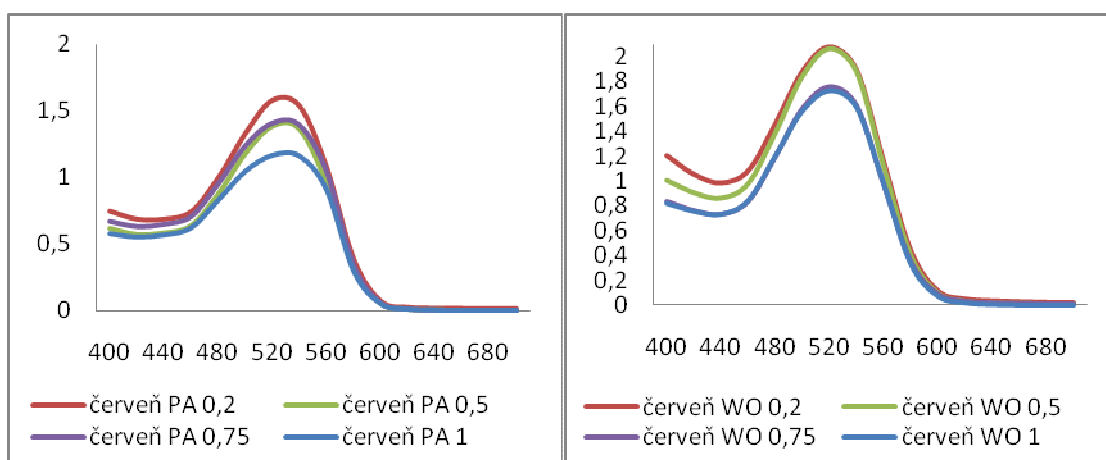
Vytažení barviva (%) i koncentrace v substrátu (mg.g^{-1}) dle následních procent 0,2; 0,5; 0,75; 1 červeného azobarviva z experimentu (tab. VI-6) vychází takto:

| | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PA 100 – 99, 2 – 10 | WO 100 – 97, 2 – 10 | LI 90 – 69, 2 – 7 | CO 90 – 58, 2 – 6 |
| CLY 89 – 69, 2 – 7 | CV 1 80 – 54, 2 – 5 | CV 72 – 57, 1 – 6 | |

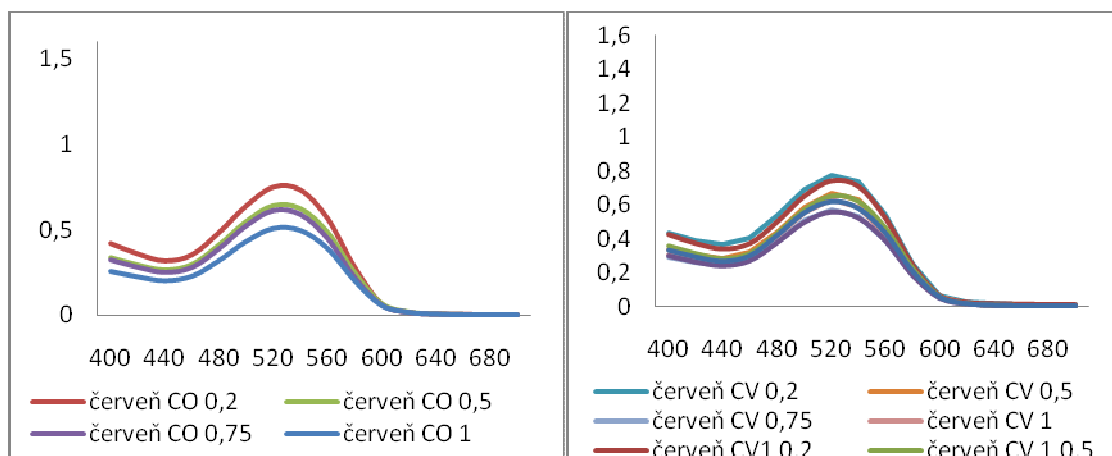
Tabulka VI-6 Vliv vytažení a koncentrace barviva

Nejlepší koncentraci v lázni docílí polyamid s vlnou, za níž následuje s horším výsledkem len, lyocell, bavlna a obě viskózy.

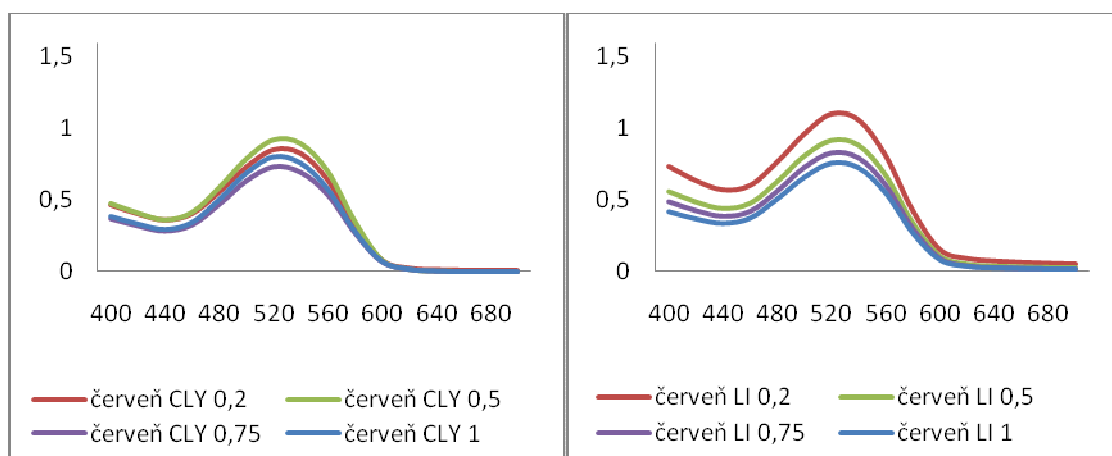
Maximální hodnota barviva má při vlnové délce 512 nm. Barvivo obsahuje NH_3 -, hydroxy-, SO_3Na - skupinu. Materiály obarvené červení vykazují velmi dobré výsledky (zobrazeno na obrázcích VI-20,21,22), i přestože barvení probíhalo ve dvou fázích, tzn. vybarvení 0,2; 0,75 a 0,5; 1%.



Obrázek VI-20 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých následních procentech – vrcholy 1, 4 polyamid; 1,75 vlna

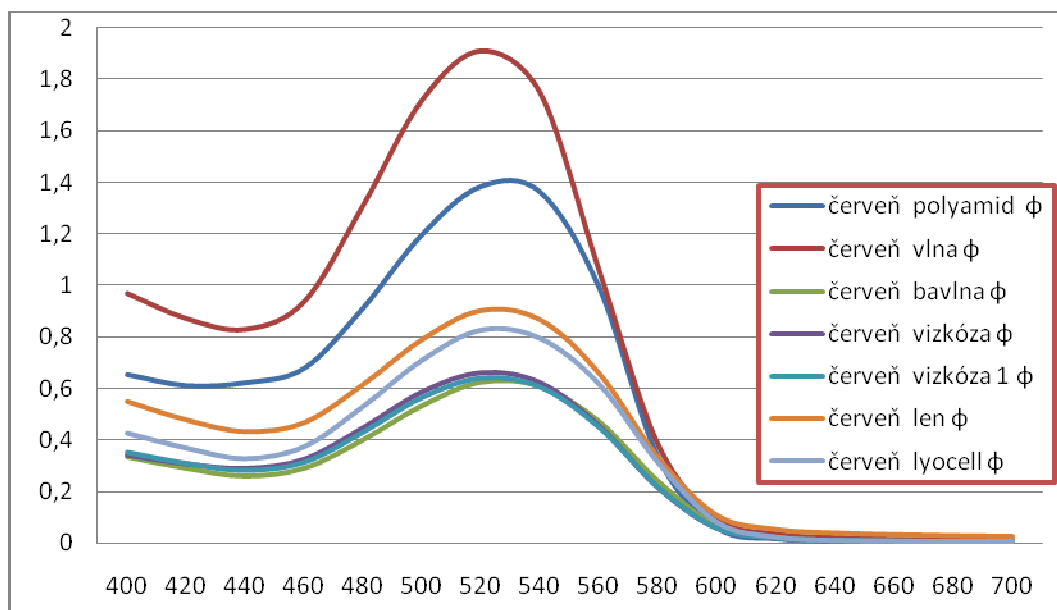


Obrázek VI-21 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech - vrcholy 0,6 bavlna; 0,65 viskóza; 0,7 viskóza 1



Obrázek VI-22 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,8 len a 0,75 lyocell

V konečné fázi ukazuje obrázek (VI-23) průměrnou hodnotu sorpce barviva na vlákno. Vlněná i polyamidová vlákna mají sice podobné chemické složení, ale liší se strukturou a jejich vlastnosti jsou zcela jiné. Vlákno polyamidu je vytvořeno chemickou cestou zvláknováním vysokomolekulárních útvarů, kdy se požadované vlastnosti dají lépe upravovat než u vlněného vlákna, jehož vlastnosti jsou dány jeho výskytem. Tato dvě vlákna mají výbornou sorpci nežli celulósová vlákna.



Obrázek VI-23 Vliv působení sropce midlonové červeně PRS konc. při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů

Obrázek popisuje celkové zhodnocení sropce barviva, kdy na ose X je zobrazena vlnová délka a na ose Y průměr všech hodnot násadního procenta vytažení.

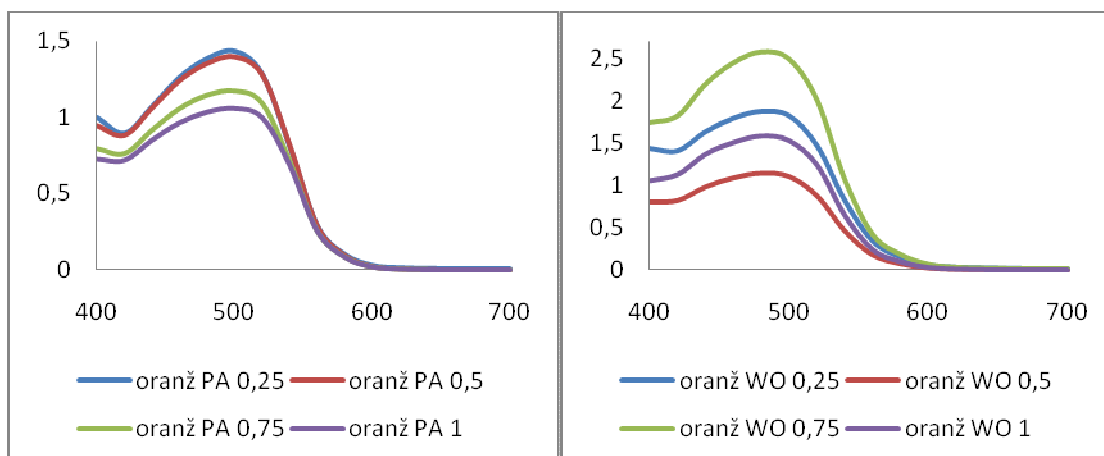
Sropce jednotlivých textilních materiálů klesá v pořadí:

- Vlna
- Polyamid
- Len
- Lyocell
- Viskóza 1, viskóza
- Bavlna

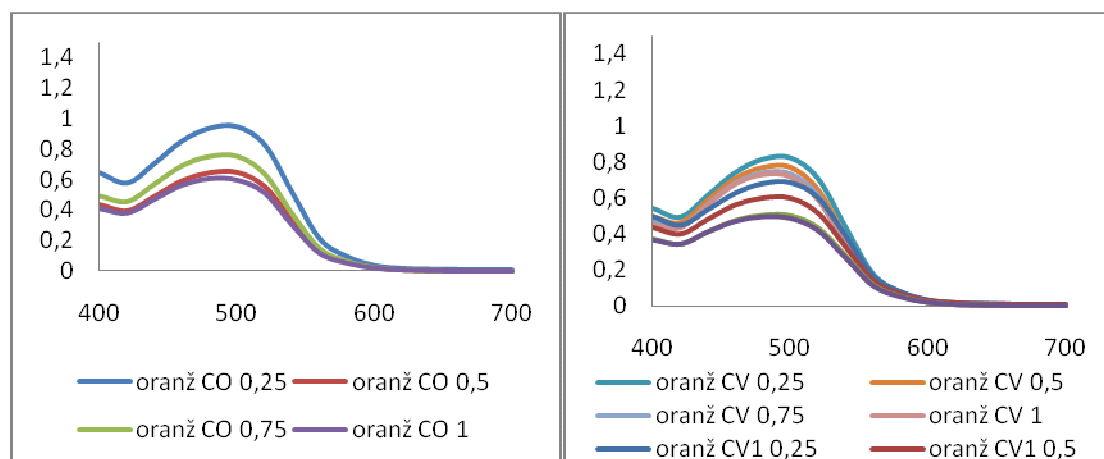
Při srovnání vláken z celulózy a použitého barviva, které nebylo doporučeno pro barvení těchto textilií, i tak vykazují dobré odstínové vybarvení. Z hlediska sropce ale dosti zaostávají.

VI.5.4.3.2 Oranž PR azobarvivo

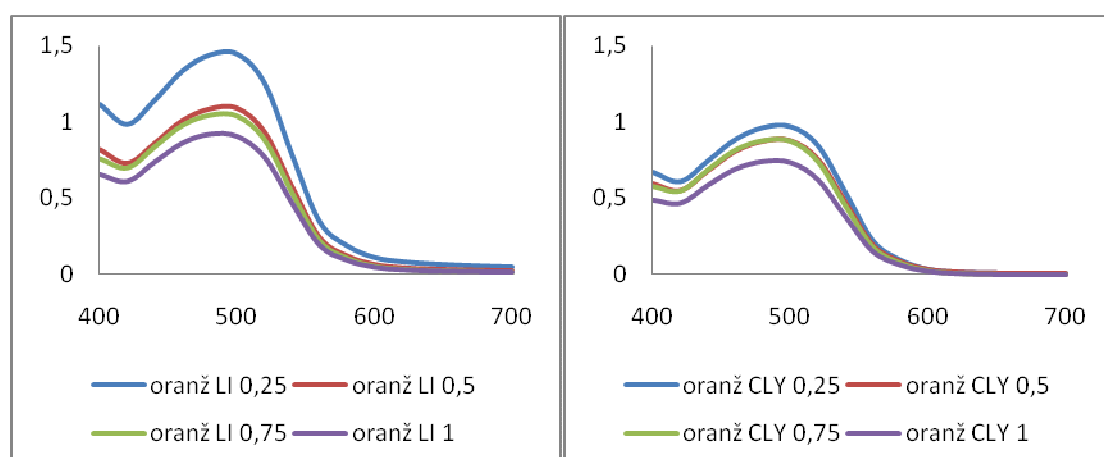
Midlonová oranž PR má maximální vlnovou délku 454 nm. Obsahuje hydroxy-, amino-, SO_3Na skupinu.. Výsledky vybarvení ukazují obrázky (VI-24,25,26). Vytažení (sropce) se shoduje téměř s červení PRS konc.



Obrázek VI-24 Obrvená textilie midl. oranží PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1,5 PA, WO 1,6

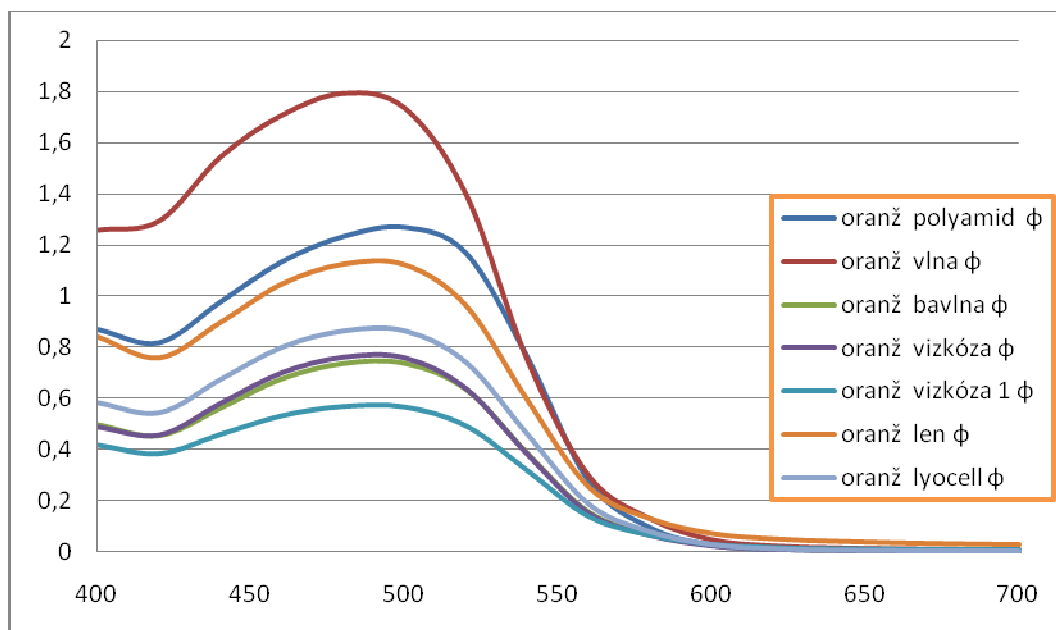


Obrázek VI-25 Obarvená textilie midl oranží PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,65 CO, 0,7 CV, 0,5 CV 1



Obrázek VI-26 Obarvená textilie midl. oranží PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1 LI, 0,7 CLY

Vliv působení celkové sypce na textilních materiálech zobrazuje následující obrázek (VI-27), u kterého si lze povšimnout, že nejlepší postavení vykazuje vlna.



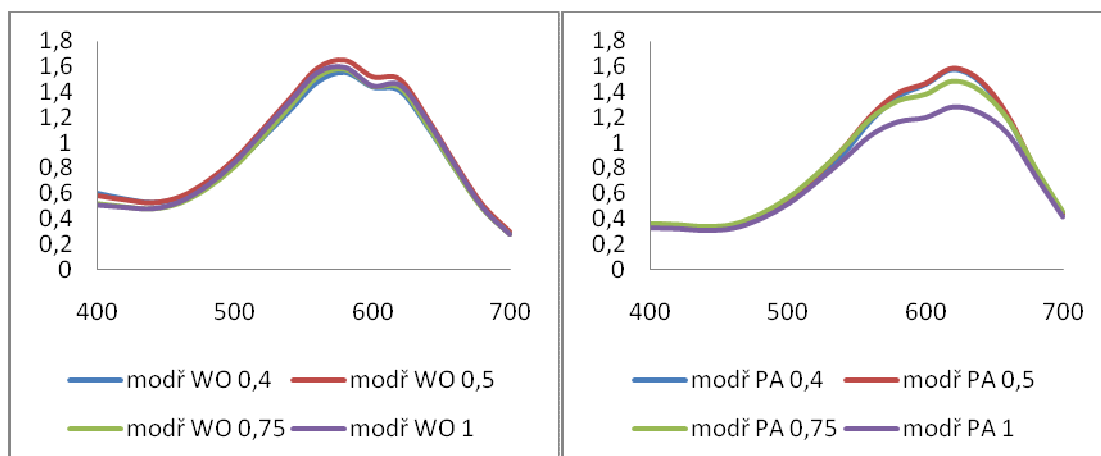
Obrázek VI-27 Vliv působení sypce midlonové oranže PR při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů

Sypce jednotlivých textilních materiálů dle výsledků klesá v pořadí:

- Vlna
- Polyamid
- Len
- Lyocell
- Viskóza, bavlna
- Viskóza 1

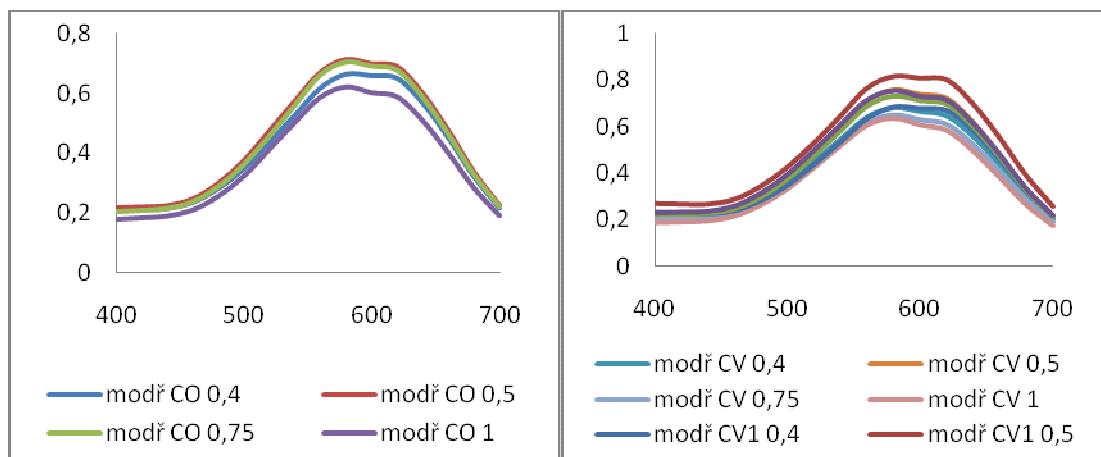
VI.5.4.3.3 Modř 5R azobarvivo

Barvivo midlonová modř 5R které má maximální vlnovou délku 558 nm. Má ve svém vzorci NH- , $\text{NaSO}_3\text{-}$ skupinu. Celkové vytažení modrého barviva zobrazují obrázky (VI-28,29,30). Modř dosáhla vskutku nejlepší shody s teoretickými předpoklady skoro ve všech vybarvených textiliích.

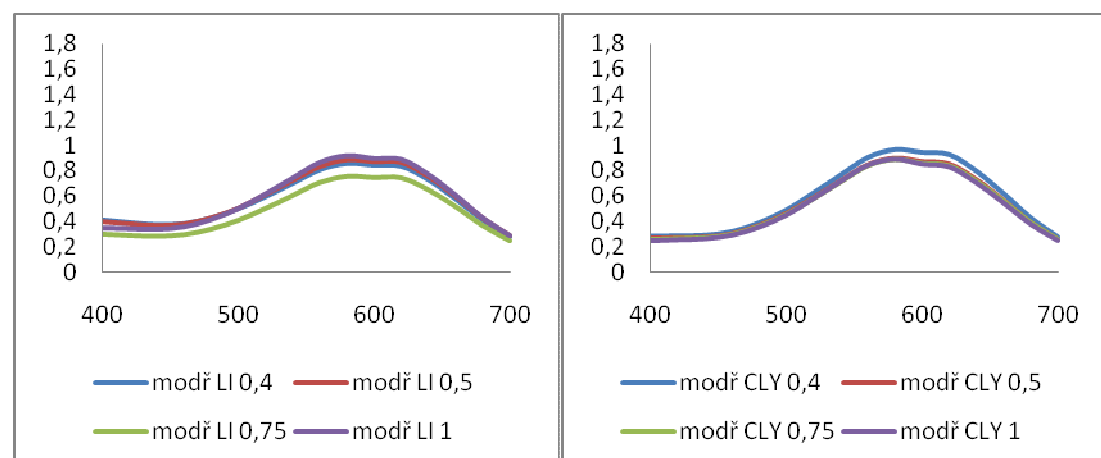


Obrázek VI-28 Obarvená textilie midl. modř 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1,6 WO, 1,5 PA

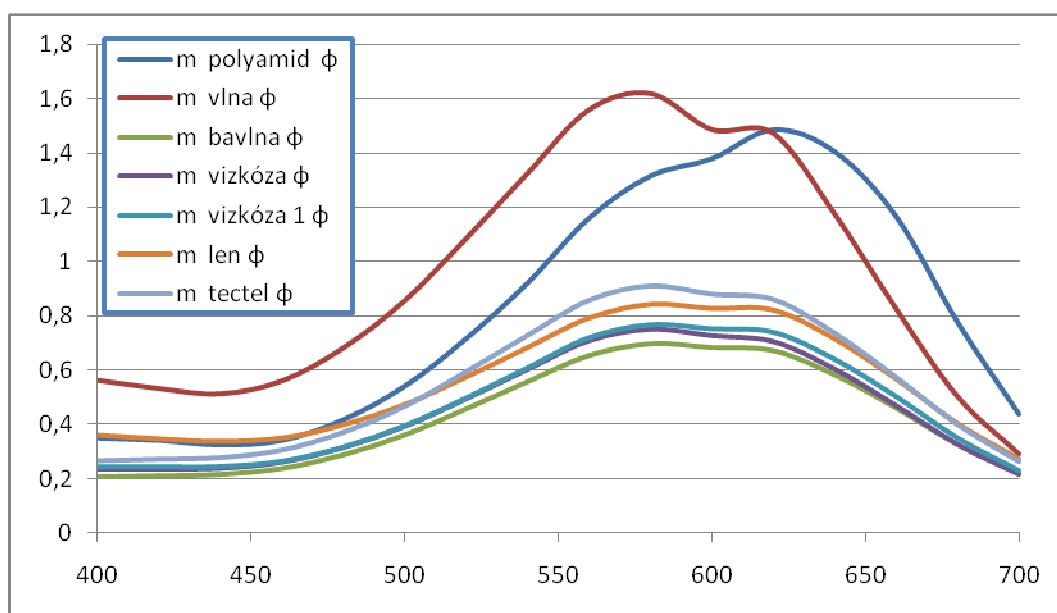
Polyamid vykazuje jiné vlnové maximum (620 nm) než u ostatních textilních materiálů (580nm).



Obrázek VI-29 Obarvená textilie midl. modř 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,7 CO, 0,65 CV, 0,75 CV1



Obrázek VI-30 Obarvená textilie midl. modř 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,9 LI, 0,96 CLY



Obrázek VI-31 Vliv působení sropce midlonové červeně PRS konc. při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů

Sorpce jednotlivých textilních materiálů (obr. VI-31) klesá v pořadí:

- Vlna
- Polyamid
- Lyocell
- Len
- Viskóza 1, viskóza
- Bavlna

VI.5.4.3.4 Porovnání všech tří barviv a textilních materiálů

Vytažení barviva (N% 0,5; 0,75; 1) se shodují u následující hodnotách v tabulce (VI-7):

| PA | 100-99 | 100-99 | 100-98 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| WO | 99-97 | 97-96 | 98-97 |
| CO | 69-59 | 76-69 | 46-42 |
| CV | 64-57 | 73-68 | 41-37 |
| CV 1 | 59-54 | 73-67 | 45-34 |
| LI | 77-68 | 74-69 | 59-49 |
| CLY | 73-69 | 80-74 | 52-49 |
| | Červeň | Oranž | Modř |
| Vytažení určeno v procentech | | | |

Tabulka VI-7 Vytažení barviva u jednotlivých textilních materiálů

Jestliže je barvivo sytější, materiál absorbuje méně barviva, a tím postačí k intenzivnějšímu vybarvení menší násadní procento než u světlejších odstínů.

Vlastnosti celulóзовých vláken a jejich barvitelnost závisí na chemickém složení celulosy i uspořádání molekuly ve vlákně. Čím více je molekula uspořádána tzn. krystalizací, orientací molekul nebo části, tím větší je pevnost, menší tažnost, vyšší hustota atd., tím obtížnější barvitelnost. Přírodní celulóзовá vlákna mají vyšší krystalický podíl nežli vlákna z regenerované celulózy.

Bavlněná vlákna mají ledvinovitý tvar i plně vyvinutou sekundární stěnu (zralá vlákna) nebo zčásti (polozralá, nezralá). Tato stěna je nositelem vybarvovací schopnosti.

Len obsahuje více krystalické celulósy než u vlny. Svazky elementárních vláken lnu jsou pojené pektinem, tím chemická činidla snadněji naruší strukturu.

Celulóзовá regenerovaná vlákna tvoří velmi čistou celulózu. Jejich vlastnosti jsou závislé na průměrném polymeračním stupni a vysokomolekulární struktuře. Vybarvení je větší než u bavlny, jelikož struktura vláken se mění podle požadavku použití. Klasická viskóza má větší amorfní podíl, čímž se barví snadno, jestliže hustota po zbobtnání nebrání průchodu barvicí lázně. Vlněné vlákno tvoří povrch – kutikula apod. Má několik vrstev, přičemž pro barvení je důležitá epikutikula – tvoří povrchovou membránu cca 10 nm silnou. Polyamidová vlákna jsou velmi dobře barvitelná, mají tvar kruhový, jejich vlastnosti závisí na modifikaci.

Vliv kyseliny v barvicí lázni ovlivňuje průběh natahování na vlákno. Je-li v lázni málo kyseliny dochází k horšímu vytažení z lázně a naopak.

Při zhodnocení všech podmínek, se musí brát ohled na příbuznost a vliv jednotlivých směrů působení sorpce barviva a vlákna, jenž u azobarviv červeně, oranže, modře se shodují průměrná vytažení v pořadí takto:

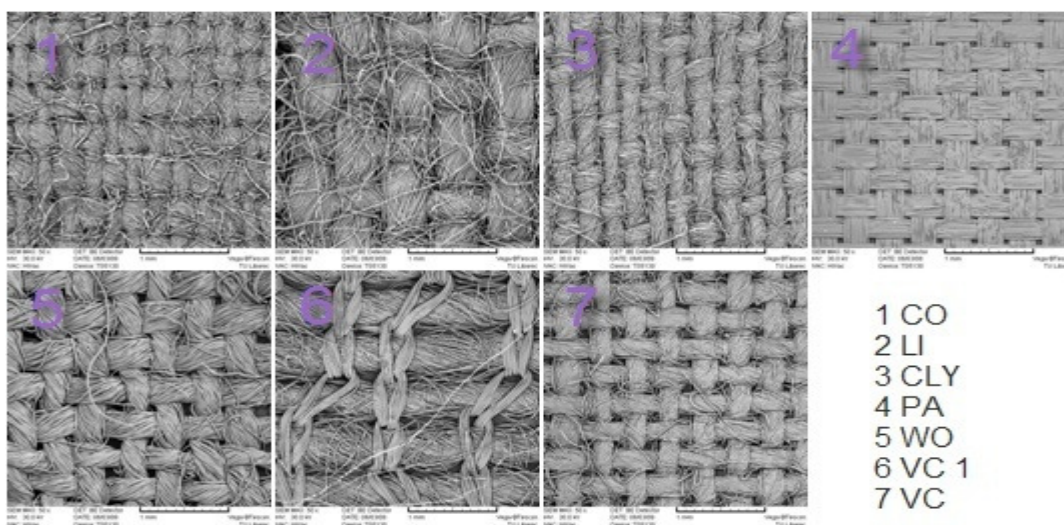
1. Vlna
2. Polyamid
3. Celulóзовá vlákna

Azobarvivo modř - lyocell, len, viskóza, viskóza 1, bavlna

Azobarvivo červeně -len, lyocell, viskóza, viskóza 1, bavlna

Azobarvivo oranž - len, lyocell, viskóza, bavlna, viskóza

VI.5.4.4 Vazba jednotlivých textilních materiálů



Obrázek VI-32 Textilní materiály zvětšené v měřítku 1 mm – snímky pořízené na REM mikroskopu

Velkou roli u textilního materiálu hraje struktura. Na obrázku (VI-32) můžeme pozorovat otevřenou a členitou strukturu, tzn. hlubší dutiny mezi nitěmi a ve vláknech, jež poskytuje víc možností pro složitější dráhu světelných paprsků při jejich odrazu – často se může uplatnit absorpce světla uvnitř vláken. Povrch u textilií s volnějším vazbami se při stejném množství barviva a při stejné úpravě jeví tmavší. Lesklé hladké povrchy naproti tomu působí světlejším dojmem. U vlasových textilií záleží na poloze – sklon k vlasu vůči směru dopadajícího světla a také na úhlu pozorování. Projevy jednoduchých zásad jsou mnohostranné jako jsou textilní sortimenty samy (8 str. 40).

Geometrie vláken ovlivňuje zčásti sorpci, ale není tak prozkoumána a věnovaná jí pozornost. Narozdíl od použitých textilních materiálů jako jsou polyamid a vlna, které mají kruhový tvar, vizkoza a lyocell mají tvar laločnatý, bavlna tvar kruhový i ledvinový, dle typu růstu.

VII. Závěr

Cílem práce bylo seznámit čtenáře s problematikou sorpce barviv do různých textilních substrátů. Pro lepší pochopení textu předchází experimentální části teoretická část.

Experiment byl založen na zkoumání vlivu barvení barvivem v různých násadních procentech s vlivem geometrie a struktury vlákna. Při zhodnocení jednotlivých částí barviva a vlákna dochází k tomu, že nelze dosáhnout stejných výsledků u všech azobarviv při sorpci, a proto je nutno dodržovat původní doporučení výrobcem, pro jaké sortimenty je barvivo určené.

Byla použita nová metoda zhodnocení obarveného textilního materiálu, založená na hodnotách Kubelka-Munkovy funkce a na koncentraci barviva v lázni. Při použití těchto hodnot se získal určitý standard, který posloužil pro posuzování sorpce barviv. Tato metoda je z hlediska praktického dosti náročná na přesnost všech dílčích operací, takže sebemenší nepřesnost vyvolává odchylku v závěru zpracování dat. Použitou metodu bych nedoporučila vzhledem k náročnosti provedení.

Při zhodnocení všech parametrů docházíme k závěru, že vybraná azobarviva mají nejlepší vybarvení u vlněných a polyamidových vláken, což svědčí o příbuznosti těchto dvou komponent. Naproti tomu celulózová vlákna, jako jsou len přírodního charakteru a lyocell z regenerované celulózy, vykazují i přesto dobré výsledky. Nejhůře dopadla bavlněná a viskózová vlákna, jejichž vlastnosti ovlivňují klimatické podmínky místa původu.

Proces sorpce je ovlivněn mnoha ukazateli kvality barviv i vláken, např. teplotou barvení, egálností aj. Těžké je docílit stejnosměrného vybarvení textilie v celé délce.

Další možné rozšíření práce by se mohlo zabývat problematikou sorpce jiných barviv do vláken s poškozenou strukturou.

VIII. Literatura

1. **KRYŠTŮFEK, Jan. aj.** *Technologie zušlechtování*. Liberec : TU, 2002. ISBN 80-7083-560-5.
2. Doplnkový text k demonstrační soupravě, skládání barev. Praha : Geonika.
3. **LEPIL, Oldřich a KUPKA, Miroslav.** *fyzika - optika*. Praha : prometheus, 1996. ISBN 80-85849-71-2.
4. **PIHAN, R.** Vše o světle - 1. Co je to světlo. *Digitální fotografie v praxi*. [Online] 26. January 2007. [Citace: 20. January 2009.]
http://www.fotografovani.cz/art/fozak_df/rom_1_01_cojetosvetlo.html.
5. **ZAHRADNÍK, M.** *Barviva používaná v technické praxi*. Praha : SNTL Alfa, 1986. str. 19.
6. **ODVÁRKA, Jiří.** *Teorie zušlechtování*. Praha : VŠST, 1986.
7. **VLAS, T.** Projekt alfa. *Lambert-Beerův zákon*. [Online] [Citace: 5. February 2009.]
<http://projektalfa.ic.cz/LB.htm>.
8. **KRYŠTŮFEK, Jan. WIENER, Jakub.** *Barvení textilií I*. Liberec : TUL, 2008. stránky 27-28. ISBN 978-80-7372-328-6.
9. **PRAŠIL, Miroslav. a kol.** Potiskování textilií- návody na cvičení. Liberec : autor neznámý, 2005.
10. **KOZLOVSKÁ, Hana. BOHANESOVÁ, B.** *Oděvní materiály I*. 2nd Edition. Praha : Informatorium, 1998. ISBN 80-85427-28-9.
11. **MILITKÝ, Jiří.** *Textilní vlákna - klasická a speciální*. Praha : TU, 2002. stránky 39-45. ISBN 80-7083-644-X.
12. **HLADÍK, Vladimír a kol.** *Textilní barvířství*. Praha : SNTL, 1982. stránky 24-25.
13. **ŠTULÍK, K. a kol.** *Analytické separační metody*. Praha : Univerzita Karlova- Karolinum, 2004. stránky 19-20. ISBN 80-246-0852-9.
14. **ŠRÁMEK, Jiří.** *Barvení textilií*. Praha : SNTL, 1985.
15. **HRDLIČKA, Jan.** VIS Absorpční spektrofotometrie. *Soubory ke stažení*. [Online] 25. září 2007. [Citace: 17. prosinec 2008.] http://www.kch.zcu.cz/cz/di/sks/04-VIS_ABSORPCNI_SPEKTROFOTOMETRIE.pdf.
16. **PILLER, Bohumil a LEVINSKÝ, Otto.** *Malá encyklopedie textilních materiálů*. 2nd. Praha : SNTL, 1982.
17. **KOVAČIČ, Vladimír.** Textilní vlákna. *Studijní materiály- katedra textilních materiálů*. [Online] 01. 12 2005. [Citace: 06. 03 2009.]
http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/chemicka_vlakna.pdf.

18. **RADA, Z. PASTRNEK, J.** *Zušlechťování textilií 2- pro III. ročník SPŠ textilní studijní obor zušlechťování textilií.* Praha : SPN, 1988. stránky 54-60.
19. **KRYŠTŮFEK, Jan.** Barvení 1. Liberec : autor neznámý, 2004.
20. **BORODKIN, V. F.** *Chemie organických barviv.* Praha : SNTL, 1987.
21. **MILITKÝ, Jiří.** Sorpční vlastnosti vláken. *Studijní materiály.* [Online] 1. 10 2004. [Citace: 27. 11 2008.] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/VlastnostiVlaken-prednaska8.pdf>.
22. **FARSKÝ, Roman.** *Textilní vlákna a jejich vlastnosti.* Praha : Ústav pro vnitřní obchod, 1938.
23. **MENACHEM, Lewin, [editor].** *Handbook of fiber chemistry.* 3rd. Brooklyn, New York : CRC Press, 2006. ISBN 0-8247-25654.
24. **HORROCKS, A. Richard a ZHANG, Sheng.** Char Formation in Polyamides and Wool Keratin Phosphorylated by Polyol Phosphoryl Chlorides. *Textile Research Journal.* Princeton, May 2004, Sv. 74, 5.
25. **WICKS, Zeno W, a další.** *Organic coating- science and technology.* 3rd. Wiley, Hoboken : Interscience, 2007. ISBN 978-0-471-69806-7.

IX. Dodatek A

| | |
|--|----|
| Tabulka VI-1 Zobrazení struktury příčného řezu vlákna pomocí systému Lucie- hodnoty jsou v průměru ukazující obsah, průměr, obvod řezů | 31 |
| Tabulka VI-2 Porovnání vlastností u vlněných a viskózových vláken..... | 36 |
| Tabulka VI-3 Rozdíly celulózy mezi dvěma vlákny | 40 |
| Tabulka VI-4 Naměřené hodnoty azobarviva..... | 42 |
| Tabulka VI-5 Receptura pro azobarviva - poměr lázně 1:50 na 2 gramy textilního materiálu | 45 |
| Tabulka VI-6 Vliv vytažení a koncentrace barviva | 49 |
| Tabulka VI-7 Vytažení barviva u jednotlivých textilních materiálů | 55 |

X. Dodatek B

| | |
|---|----|
| Obrázek III-1 Rozdělení barev ve viditelné oblasti (2) | 10 |
| Obrázek III-2 Základní vlastnost světla (4) | 11 |
| Obrázek III-3 Vliv nenasyčených skupin v molekule organických sloučenin na barevnost..... | 12 |
| Obrázek III-4 Průchod světla v roztocích, dle Lambert-Beerova zákona..... | 14 |
| Obrázek III-5 Závislost A na Cs - vznik konvexního nebo konkávního tvaru | 15 |
| Obrázek III-6 Závislost absorbance a koncentrace barviva v bodě 0 | 16 |
| Obrázek III-7 Zobrazení uspořádání částí spektrofotometru | 17 |
| Obrázek IV-1 Zrcadlový odraz vlevo a difúzní odraz vpravo | 23 |
| Obrázek VI-1 Midlonová modř 5R..... | 27 |
| Obrázek VI-2 Midlonová červen PRS konc. | 27 |
| Obrázek VI-3 Midlonová žlut PR konc. T, podobná oranž PR..... | 27 |
| Obrázek VI-4 Přesné váhy pro měření v laboratoři..... | 29 |
| Obrázek VI-5 Zjednodušené schéma spektrofotometru | 29 |
| Obrázek VI-6 Zobrazení přístroje Ahiba | 30 |
| Obrázek VI-7 (Foto z REM) Bavlněné vlákno pod mikroskopem – pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo..... | 32 |
| Obrázek VI-8 Schéma bavlněného vlákna (16)..... | 32 |
| Obrázek VI-9 (Foto z REM) Vzhled lnu pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo..... | 34 |
| Obrázek VI-10 (Foto z REM) Vzhled vlny pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo..... | 35 |
| Obrázek VI-11 Výroba celulózy vlákna | 36 |
| Obrázek VI-12 (Foto z REM) Vzhled viskózy pod mikroskopem - podélný řez vlevo, příčný řez vpravo | 37 |
| Obrázek VI-13 (Foto z RAM) Vzhled viskózy 1 pod mikroskopem - podélný řez vlevo, příčný řez vpravo | 38 |
| Obrázek VI-14 Výroba lyocellu | 39 |
| Obrázek VI-15 (Foto z REM) Vzhled lyocellu pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez vpravo..... | 39 |
| Obrázek VI-16 (Foto z REM) Vzhled polyamidu 6.6 pod mikroskopem - pohled na podélný řez vlevo a příčný řez tvaru kruhového vpravo | 41 |
| Obrázek VI-17 Lineární závislost barviv- osa X ukazuje závislost koncentrace barviva (mg.g) a osa Y absorbanci barviva | 43 |
| Obrázek VI-18 Schéma nastavení barvení v přístroji Ahiba nuance eco | 46 |
| Obrázek VI-19 Zobrazení obarveného polyamidu na ose X vlnová délka ve viditelné oblasti v závislosti na ose Y remise a K/S hodnota | 47 |
| Obrázek VI-20 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1, 4 polyamid; 1,75 vlna..... | 49 |
| Obrázek VI-21 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech - vrcholy 0, 6 bavlna; 0,65 viskóza; 0,7 viskóza 1 | 50 |
| Obrázek VI-22 Obarvená textilie midl. červení PRS konc.: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,8 len a 0,75 lyocell..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Obrázek VI-23 Vliv působení sorpce midlonové červeně PRS konc. při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů | 51 |
| Obrázek VI-24 Obrvená textilie midl. oranží PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1,5 PA, WO 1,6..... | 52 |
| Obrázek VI-25 Obarvená textilie midl oranží PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,65 CO, 0,7 CV, 0,5 CV 1 | 52 |
| Obrázek VI-26 Obarvená textilie midl. oranž PR: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1 LI, 0,7 CLY..... | 52 |
| Obrázek VI-27 Vliv působení sorpce midlonové oranže PR při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů..... | 53 |
| Obrázek VI-28 Obarvená textile midl. modří 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 1,6 WO, 1,5 PA..... | 54 |
| Obrázek VI-29 Obarvená textilie midl. modř 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0.7 CO, 0,65 CV, 0,75 CV154 | |
| Obrázek VI-30 Obarvená textilie midl. modř 5R: Osa X vlnová délka, osa Y konstanta vybarvení v jednotlivých násadních procentech – vrcholy 0,9 LI, 0,96 CLY | 54 |
| Obrázek VI-31 Vliv působení sorpce midlonové červeně PRS konc. při barvení v průměrných hodnotách jednotlivých textilních materiálů | 55 |
| Obrázek VI-32 Textilní materiály zvětšené v měřítku 1 mm – snímky pořízené na REM mikroskopu | 57 |

XI. Přílohy

Příloha 1

Elektronická podoba této práce je uložena na CD. Medium je přiloženo na zadní straně této práce.

Příloha 2 - Zobrazení koncentrační řady

U midlonové červeně PRS konc.

| Do 100 ml baňky pipetováno z původní barvicí lázně | | Zředění (Z) | N % 0,2 | N % 0,5 | N % 0,75 | N % 1 |
|---|--|----------------|------------|------------|-------------|----------|
| 2 ml | Zbytek doplněn po rysku H ₂ O | 50 | 0.014 | 0.06 | 0.048 | 0.082 |
| 5 ml | | 20 | 0.033 | 0.103 | 0.123 | 0.192 |
| 10 ml | | 10 | 0.062 | 0.195 | 0.226 | 0.358 |
| 20 ml | | 5 | 0.12 | 0.36 | 0.468 | 0.706 |

U midlonové oranže PR

| Do 100 ml baňky pipetováno z původní barvicí lázně | | Zředění (Z) | N % 0,25 | N % 0,5 | N % 0,75 | N % 1 |
|---|--|----------------|-------------|------------|-------------|----------|
| 2 ml | Zbytek doplněn po rysku H ₂ O | 50 | 0.021 | 0.033 | 0.054 | 0.069 |
| 5 ml | | 20 | 0.049 | 0.082 | 0.132 | 0.175 |
| 10 ml | | 10 | 0.099 | 0.169 | 0.262 | 0.347 |
| 20 ml | | 5 | 0.196 | 0.324 | 0.519 | 0.678 |

U midlonové modře 5R

| Do 100 ml baňky pipetováno z původní barvicí lázně | | Zředění (Z) | N % 0,4 | N % 0,5 | N % 0,75 | N % 1 |
|---|--|----------------|------------|------------|-------------|----------|
| 2 ml | Zbytek doplněn po rysku H ₂ O | 50 | 0.025 | 0.03 | 0.044 | 0.06 |
| 5 ml | | 20 | 0.061 | 0.076 | 0.116 | 0.154 |
| 10 ml | | 10 | 0.13 | 0.151 | 0.231 | 0.305 |
| 20 ml | | 5 | 0.259 | 0.303 | 0.441 | 0.573 |

Příloha 3 - Výpočtené hodnoty midlonové červeně C_L, %E, C_s

| Materiál | CL0 [ml barvivo] | Hodnoty z linear. regrese | | N % | Cs(mg.g) | A | CL | %E |
|----------|---------------------|------------------------------|--------|------|-----------|-------|----------|----------|
| | | a | b | | | | | |
| PA | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 2.057027 | 0.008 | -1.14054 | 102.8514 |
| PA | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 5.0462162 | 0.012 | -0.92432 | 100.9243 |
| PA | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 7.5245946 | 0.02 | -0.49189 | 100.3279 |
| PA | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 9.9705405 | 0.04 | 0.589189 | 99.70541 |
| WO | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 2.0110811 | 0.025 | -0.22162 | 100.5541 |
| WO | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 4.9272973 | 0.056 | 1.454054 | 98.54595 |
| WO | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 7.3894595 | 0.07 | 2.210811 | 98.52613 |
| WO | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 9.7435135 | 0.124 | 5.12973 | 97.43514 |
| CO | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 1.8137838 | 0.098 | 3.724324 | 90.68919 |
| CO | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 3.3435135 | 0.642 | 33.12973 | 66.87027 |
| CO | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 5.4489189 | 0.788 | 41.02162 | 72.65225 |
| CO | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 5.8786486 | 1.554 | 82.42703 | 58.78649 |
| CV | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 1.4516216 | 0.232 | 10.96757 | 72.58108 |
| CV | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 3.202973 | 0.694 | 35.94054 | 64.05946 |
| CV | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 4.8002703 | 1.028 | 53.99459 | 64.0036 |
| CV | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 5.7327027 | 1.608 | 85.34595 | 57.32703 |
| CV 1 | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 1.602973 | 0.176 | 7.940541 | 80.14865 |
| CV 1 | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 2.9489189 | 0.788 | 41.02162 | 58.97838 |
| CV 1 | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 4.8056757 | 1.026 | 53.88649 | 64.07568 |
| CV 1 | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 5.4354054 | 1.718 | 91.29189 | 54.35405 |
| LI | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 1.802973 | 0.102 | 3.940541 | 90.14865 |
| LI | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 3.8624324 | 0.45 | 22.75135 | 77.24865 |
| LI | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 5.702973 | 0.694 | 35.94054 | 76.03964 |
| LI | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 6.8894595 | 1.18 | 62.21081 | 68.89459 |
| CLY | 40 | 0.0291 | 0.0185 | 0.2 | 1.7813514 | 0.11 | 4.372973 | 89.06757 |
| CLY | 100 | 0.0291 | 0.0185 | 0.5 | 3.6948649 | 0.512 | 26.1027 | 73.8973 |
| CLY | 150 | 0.0291 | 0.0185 | 0.75 | 5.8110811 | 0.654 | 33.77838 | 77.48108 |
| CLY | 200 | 0.0291 | 0.0185 | 1 | 6.8624324 | 1.19 | 62.75135 | 68.62432 |

Příloha 4 - Naměřené hodnoty remise u textilních materiálu – červeně barviva N % (0,2; 0,5; 0,75; 1)

| Material N% | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 |
|----------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|
| PA 0,2 | 0.20525 | 0.2169 | 0.21689 | 0.2059 | 0.1684 | 0.1361 | 0.11902 | 0.12177 | 0.1599 | 0.3066 | 0.5914 | 0.73447 | 0.77365 | 0.7873 | 0.7932 | 0.8012 |
| PA 0,5 | 0.1233 | 0.1308 | 0.12878 | 0.1201 | 0.0933 | 0.0724 | 0.06298 | 0.06397 | 0.0873 | 0.2022 | 0.4793 | 0.67521 | 0.7498 | 0.7762 | 0.7892 | 0.7963 |
| PA 0,75 | 0.08335 | 0.0876 | 0.0858 | 0.0796 | 0.0615 | 0.0487 | 0.04329 | 0.04375 | 0.057 | 0.1438 | 0.3999 | 0.6249 | 0.7265 | 0.7621 | 0.7754 | 0.7915 |
| PA 1 | 0.07421 | 0.0772 | 0.07529 | 0.0696 | 0.054 | 0.0438 | 0.03964 | 0.03985 | 0.05 | 0.129 | 0.3776 | 0.60747 | 0.72211 | 0.7649 | 0.7824 | 0.7919 |
| WO 0,2 | 0.14926 | 0.1646 | 0.17275 | 0.1614 | 0.1291 | 0.1055 | 0.09725 | 0.10496 | 0.1542 | 0.2888 | 0.5174 | 0.64576 | 0.69792 | 0.728 | 0.7502 | 0.7675 |
| WO 0,5 | 0.08447 | 0.0923 | 0.09612 | 0.0864 | 0.0641 | 0.0496 | 0.04473 | 0.04874 | 0.0775 | 0.1748 | 0.3962 | 0.58047 | 0.67362 | 0.7195 | 0.7471 | 0.7675 |
| WO 0,75 | 0.07005 | 0.0759 | 0.07856 | 0.0699 | 0.0509 | 0.0394 | 0.0357 | 0.03884 | 0.0613 | 0.1431 | 0.3422 | 0.52296 | 0.6285 | 0.6858 | 0.7224 | 0.7494 |
| WO 1 | 0.05551 | 0.0596 | 0.06143 | 0.0542 | 0.0393 | 0.0307 | 0.02801 | 0.03022 | 0.0476 | 0.1186 | 0.3129 | 0.51413 | 0.63833 | 0.6991 | 0.7315 | 0.7544 |
| CO 0,2 | 0.31155 | 0.3372 | 0.3573 | 0.3394 | 0.2884 | 0.246 | 0.22299 | 0.22633 | 0.2646 | 0.3787 | 0.6107 | 0.7625 | 0.81889 | 0.8397 | 0.8505 | 0.8622 |
| CO 0,5 | 0.24955 | 0.2703 | 0.28659 | 0.2685 | 0.2207 | 0.1825 | 0.16356 | 0.16687 | 0.1985 | 0.2969 | 0.5137 | 0.68954 | 0.77925 | 0.8199 | 0.84 | 0.8541 |
| CO 0,75 | 0.18702 | 0.2057 | 0.2212 | 0.2061 | 0.164 | 0.1318 | 0.11675 | 0.12039 | 0.1482 | 0.24 | 0.458 | 0.64996 | 0.75527 | 0.8006 | 0.8202 | 0.8432 |
| CO 1 | 0.2076 | 0.2265 | 0.24171 | 0.224 | 0.1788 | 0.1441 | 0.12735 | 0.12972 | 0.1555 | 0.2417 | 0.4514 | 0.64431 | 0.76006 | 0.8147 | 0.8387 | 0.8539 |
| CV 0,2 | 0.34418 | 0.3627 | 0.37231 | 0.3551 | 0.307 | 0.2678 | 0.2507 | 0.25829 | 0.3085 | 0.4385 | 0.662 | 0.78933 | 0.82953 | 0.8469 | 0.8565 | 0.8622 |
| CV 0,5 | 0.25599 | 0.2726 | 0.28236 | 0.2638 | 0.2161 | 0.1794 | 0.16381 | 0.17078 | 0.2116 | 0.3281 | 0.5573 | 0.73008 | 0.81323 | 0.8452 | 0.857 | 0.8633 |
| CV 0,75 | 0.2209 | 0.2348 | 0.24293 | 0.225 | 0.1806 | 0.1481 | 0.13637 | 0.14386 | 0.1801 | 0.2863 | 0.504 | 0.68711 | 0.79337 | 0.8369 | 0.8516 | 0.8592 |
| CV 1 | 0.18833 | 0.2021 | 0.21065 | 0.193 | 0.1508 | 0.1209 | 0.10933 | 0.11549 | 0.1476 | 0.247 | 0.4677 | 0.66309 | 0.78595 | 0.838 | 0.8539 | 0.8618 |
| CV1 0,2 | 0.33027 | 0.3525 | 0.36764 | 0.3521 | 0.3034 | 0.262 | 0.24232 | 0.24907 | 0.2971 | 0.423 | 0.6356 | 0.74969 | 0.7863 | 0.8029 | 0.813 | 0.8204 |
| CV1 0,5 | 0.25921 | 0.2803 | 0.29611 | 0.2796 | 0.2317 | 0.1938 | 0.17639 | 0.1827 | 0.2222 | 0.3338 | 0.5557 | 0.71061 | 0.77953 | 0.8088 | 0.8224 | 0.8311 |
| CV1 0,75 | 0.21414 | 0.2324 | 0.24549 | 0.2283 | 0.1834 | 0.1506 | 0.13808 | 0.14516 | 0.1805 | 0.2864 | 0.5081 | 0.68232 | 0.77082 | 0.8076 | 0.8229 | 0.8325 |
| CV1 1 | 0.18443 | 0.201 | 0.21338 | 0.1973 | 0.156 | 0.1269 | 0.1163 | 0.12254 | 0.1531 | 0.2497 | 0.4673 | 0.65095 | 0.75208 | 0.795 | 0.8116 | 0.8216 |
| LI 0,2 | 0.22639 | 0.2476 | 0.26385 | 0.2557 | 0.2203 | 0.1895 | 0.17248 | 0.17737 | 0.2129 | 0.3119 | 0.486 | 0.57057 | 0.60301 | 0.6237 | 0.6401 | 0.6539 |
| LI 0,5 | 0.16288 | 0.1798 | 0.19239 | 0.1821 | 0.1495 | 0.1234 | 0.11162 | 0.11512 | 0.1423 | 0.2293 | 0.4163 | 0.5411 | 0.59309 | 0.62 | 0.6379 | 0.6526 |
| LI 0,75 | 0.1347 | 0.1493 | 0.16019 | 0.1506 | 0.1209 | 0.0983 | 0.08824 | 0.09152 | 0.1144 | 0.1918 | 0.3723 | 0.50553 | 0.56421 | 0.5938 | 0.6128 | 0.6284 |
| LI 1 | 0.13128 | 0.1448 | 0.15453 | 0.1431 | 0.1127 | 0.0909 | 0.08081 | 0.08394 | 0.1058 | 0.1817 | 0.3656 | 0.50839 | 0.57257 | 0.6044 | 0.6241 | 0.6397 |
| CLY 0,2 | 0.29711 | 0.3211 | 0.33957 | 0.3205 | 0.2692 | 0.2284 | 0.20694 | 0.21099 | 0.2478 | 0.3576 | 0.5904 | 0.74929 | 0.80998 | 0.8331 | 0.844 | 0.8513 |
| CLY 0,5 | 0.18751 | 0.2073 | 0.22425 | 0.2058 | 0.162 | 0.1302 | 0.11528 | 0.11787 | 0.1421 | 0.2279 | 0.4612 | 0.67734 | 0.78651 | 0.8292 | 0.8441 | 0.8526 |
| CLY 0,75 | 0.16236 | 0.1799 | 0.19507 | 0.1772 | 0.1361 | 0.1077 | 0.09578 | 0.09999 | 0.1225 | 0.2 | 0.4113 | 0.62636 | 0.7588 | 0.8158 | 0.8363 | 0.8477 |
| CLY 1 | 0.1389 | 0.1549 | 0.16897 | 0.1513 | 0.113 | 0.0877 | 0.07702 | 0.08075 | 0.1013 | 0.174 | 0.3785 | 0.59436 | 0.7428 | 0.8125 | 0.8366 | 0.8497 |

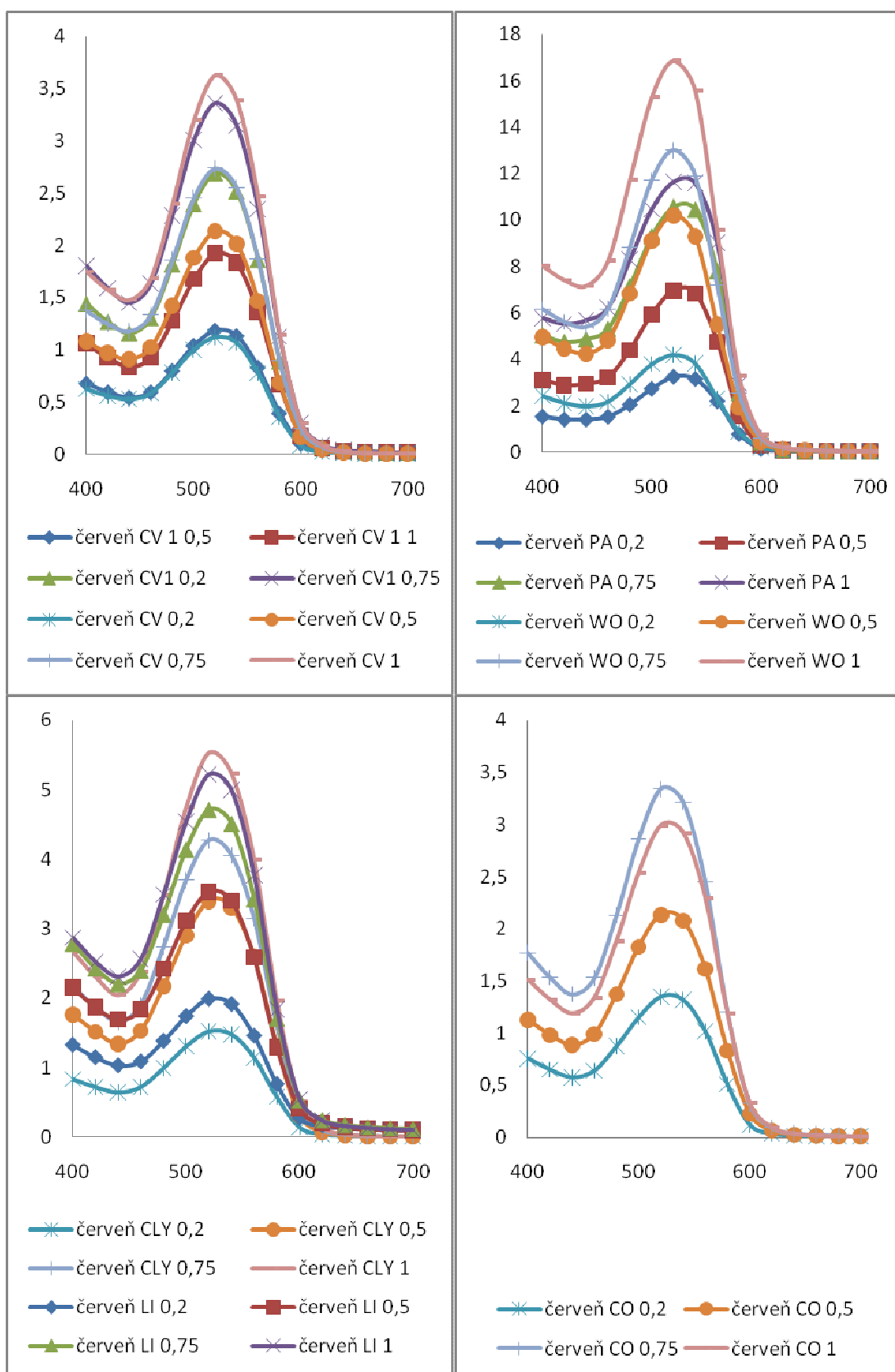
Příloha 5 - Přepočít remisných dat midlonové červeně PRS konc. dle Kubelka-Munkova zákona

| Materiál N% | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PA 0,2 | 1.5386786 | 1.4139637 | 1.4137611 | 1.5313133 | 2.0531498 | 2.7426143 | 3.2604846 | 3.1669867 | 2.2065233 | 0.7838966 | 0.1411422 | 0.047998 | 0.0331121 | 0.0287197 | 0.026958 | 0.0246723 |
| PA 0,5 | 3.1168 | 2.8874556 | 2.9469805 | 3.2232473 | 4.4079854 | 5.9394319 | 6.9705183 | 6.8481488 | 4.7690744 | 1.5741338 | 0.2828212 | 0.0781154 | 0.0417445 | 0.0322705 | 0.0281469 | 0.0260512 |
| PA 0,75 | 5.0404752 | 4.7502697 | 4.8704058 | 5.3196392 | 7.1568823 | 9.3018173 | 10.571657 | 10.450446 | 7.8081063 | 2.5484779 | 0.4503677 | 0.112578 | 0.0514812 | 0.0371174 | 0.0325417 | 0.0274739 |
| PA 1 | 5.7747414 | 5.5186215 | 5.6786332 | 6.217681 | 8.2811331 | 10.445234 | 11.633342 | 11.566976 | 9.0170264 | 2.9401736 | 0.5130728 | 0.1268209 | 0.0534703 | 0.0361409 | 0.0302498 | 0.0273518 |
| WO 0,2 | 2.4244893 | 2.1206854 | 1.980731 | 2.1791544 | 2.9363371 | 3.7920865 | 4.1900132 | 3.8161995 | 2.3200528 | 0.8758668 | 0.225043 | 0.0971615 | 0.0653745 | 0.0508043 | 0.0415928 | 0.0352263 |
| WO 0,5 | 4.9614963 | 4.4644322 | 4.249891 | 4.8289078 | 6.8384262 | 9.0973422 | 10.200545 | 9.2828846 | 5.4903629 | 1.9481292 | 0.4599815 | 0.151606 | 0.0790682 | 0.054677 | 0.0428163 | 0.0352298 |
| WO 0,75 | 6.1727837 | 5.6229775 | 5.4038421 | 6.1890443 | 8.8428614 | 11.71971 | 13.023452 | 11.892746 | 7.1925627 | 2.5656101 | 0.6321961 | 0.2175761 | 0.1097949 | 0.0719699 | 0.0533282 | 0.0418887 |
| WO 1 | 8.0351411 | 7.4148561 | 7.1700606 | 8.2454091 | 11.72938 | 15.28611 | 16.864773 | 15.560444 | 9.5368162 | 3.2737502 | 0.7544507 | 0.2295817 | 0.1024589 | 0.0647553 | 0.0492813 | 0.0399784 |
| CO 0,2 | 0.7606538 | 0.6514385 | 0.5780343 | 0.6429648 | 0.8780686 | 1.1552875 | 1.353748 | 1.3223286 | 1.0217455 | 0.5096264 | 0.1240742 | 0.0369877 | 0.0200276 | 0.0153049 | 0.0131414 | 0.0110119 |
| CO 0,5 | 1.1283815 | 0.9848197 | 0.8879476 | 0.9965118 | 1.3763572 | 1.830976 | 2.1387621 | 2.0797795 | 1.6186294 | 0.8326739 | 0.2302086 | 0.0698911 | 0.0312676 | 0.0197829 | 0.0152298 | 0.0124615 |
| CO 0,75 | 1.7670209 | 1.5336875 | 1.3709978 | 1.5290568 | 2.1300571 | 2.8592439 | 3.3410302 | 3.2133639 | 2.4485873 | 1.203497 | 0.3207219 | 0.0942581 | 0.0396499 | 0.0248456 | 0.0197074 | 0.014573 |
| CO 1 | 1.5122778 | 1.3206631 | 1.1894496 | 1.3438589 | 1.8865778 | 2.5409197 | 2.9898627 | 2.9193158 | 2.2941933 | 1.1892079 | 0.333326 | 0.098179 | 0.0378728 | 0.0210855 | 0.0155086 | 0.0125005 |
| CV 0,2 | 0.6248182 | 0.5600318 | 0.5291219 | 0.5857774 | 0.7821645 | 1.0010944 | 1.1197656 | 1.0649536 | 0.7749005 | 0.3594799 | 0.0862742 | 0.0281136 | 0.017516 | 0.0138424 | 0.0120266 | 0.011005 |
| CV 0,5 | 1.0811963 | 0.9708008 | 0.9119691 | 1.0270079 | 1.4218957 | 1.8770687 | 2.1342217 | 2.0131333 | 1.468429 | 0.6878099 | 0.1758106 | 0.0498965 | 0.0214472 | 0.014178 | 0.011936 | 0.0108315 |
| CV 0,75 | 1.3739176 | 1.2472147 | 1.1796711 | 1.3345347 | 1.8589976 | 2.4512624 | 2.7346806 | 2.5475313 | 1.8662854 | 0.8897379 | 0.2440341 | 0.0712405 | 0.026908 | 0.0158844 | 0.0129263 | 0.0115331 |
| CV 1 | 1.7490792 | 1.5754251 | 1.4789305 | 1.6874321 | 2.3919096 | 3.1957623 | 3.6279752 | 3.3871242 | 2.4620075 | 1.1474837 | 0.3028399 | 0.0855905 | 0.0291478 | 0.0156566 | 0.0124912 | 0.0110862 |
| CV1 0,2 | 0.6790479 | 0.5948307 | 0.5438461 | 0.5959951 | 0.7998374 | 1.0396005 | 1.1845473 | 1.1320028 | 0.8313301 | 0.3934413 | 0.1044435 | 0.0417873 | 0.0290396 | 0.0242063 | 0.0215087 | 0.0196612 |
| CV1 0,5 | 1.0585429 | 0.924129 | 0.8366167 | 0.9281869 | 1.2738129 | 1.6775202 | 1.9228228 | 1.8280769 | 1.3618065 | 0.6649226 | 0.1775825 | 0.0589258 | 0.0311771 | 0.0226077 | 0.0191838 | 0.0171556 |
| CV1 0,75 | 1.4419911 | 1.2677506 | 1.1594878 | 1.3046145 | 1.8182687 | 2.3962152 | 2.6901292 | 2.5170551 | 1.8609271 | 0.8892339 | 0.238137 | 0.073954 | 0.0340699 | 0.0229184 | 0.0190644 | 0.0168462 |
| CV1 1 | 1.8032707 | 1.587706 | 1.4499274 | 1.6332323 | 2.282527 | 3.0029494 | 3.3573761 | 3.1415703 | 2.3430144 | 1.1275537 | 0.3036981 | 0.0935831 | 0.0408629 | 0.0264337 | 0.0218593 | 0.0193711 |
| LI 0,2 | 1.3217731 | 1.1431096 | 1.0269411 | 1.0834809 | 1.3798803 | 1.7338095 | 1.9851268 | 1.907651 | 1.4552864 | 0.7590279 | 0.2717419 | 0.1616017 | 0.1306786 | 0.1134861 | 0.1011707 | 0.0915728 |
| LI 0,5 | 2.1511846 | 1.8703187 | 1.6950827 | 1.8366483 | 2.4192316 | 3.1151813 | 3.535294 | 3.400854 | 2.5846115 | 1.2950193 | 0.4093023 | 0.1945936 | 0.1395874 | 0.1164917 | 0.1027938 | 0.0924594 |
| LI 0,75 | 2.7793025 | 2.4233925 | 2.2013885 | 2.3944915 | 3.1977854 | 4.1376706 | 4.7104845 | 4.5090467 | 3.4266985 | 1.7023895 | 0.529184 | 0.241826 | 0.1682999 | 0.138916 | 0.1223685 | 0.1099022 |
| LI 1 | 2.8742933 | 2.5254387 | 2.3128827 | 2.5656101 | 3.4929072 | 4.5442003 | 5.2277581 | 4.9986057 | 3.7787979 | 1.8427851 | 0.5503825 | 0.2376919 | 0.1595407 | 0.1294754 | 0.1131802 | 0.101488 |
| CLY 0,2 | 0.8314334 | 0.7178713 | 0.6422355 | 0.7203561 | 0.9920191 | 1.3037053 | 1.5196293 | 1.4752756 | 1.1415798 | 0.5771126 | 0.1420835 | 0.0419434 | 0.0222892 | 0.016718 | 0.0144272 | 0.0129832 |
| CLY 0,5 | 1.7602795 | 1.5159474 | 1.3417794 | 1.5327825 | 2.1683476 | 2.9044761 | 3.3949058 | 3.3008965 | 2.5896988 | 1.3078947 | 0.3146543 | 0.0768517 | 0.0289748 | 0.017584 | 0.0143908 | 0.0127377 |
| CLY 0,75 | 2.1607563 | 1.8697204 | 1.6607174 | 1.9101162 | 2.7420842 | 3.6959495 | 4.2681865 | 4.0504951 | 3.1435392 | 1.59988 | 0.4214059 | 0.111443 | 0.0383352 | 0.0207878 | 0.0160323 | 0.0136872 |
| CLY 1 | 2.669162 | 2.3061527 | 2.0435902 | 2.3811966 | 3.4801194 | 4.7431697 | 5.5303303 | 5.2323255 | 3.9884139 | 1.961204 | 0.5101643 | 0.138421 | 0.0445287 | 0.0216398 | 0.0159486 | 0.0132968 |

Přepočít pomocí vzorce: $K/S = (1-R)^2/(2.R)$

R...hodnota remise obarveného materiálu, zjištěná na spektrofotometru.

Příloha 6 – Midl. červeň PRS konc. závislost λ (nm) na K/S



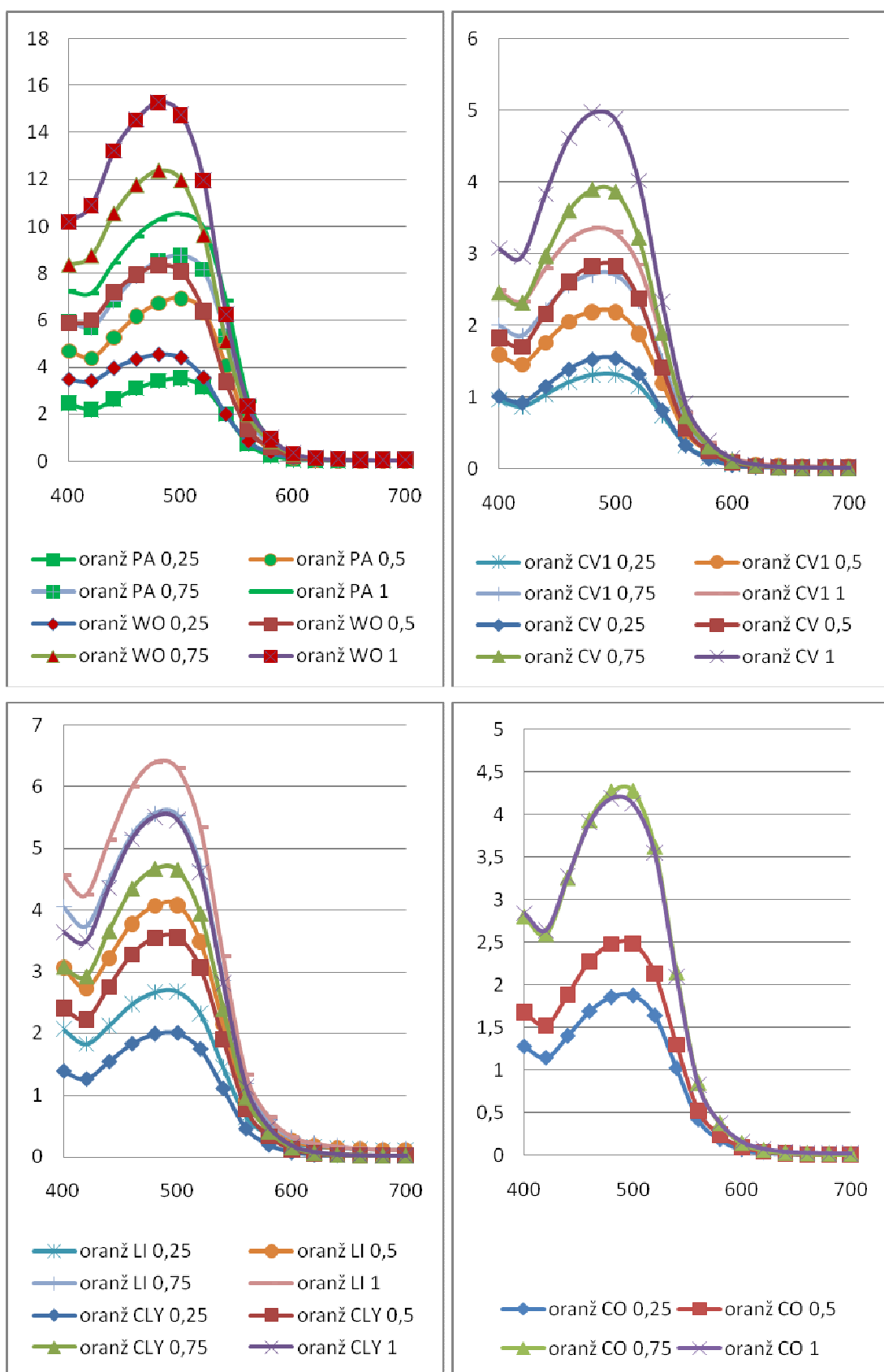
Příloha 7 - Výpočtené hodnoty midlonové oranže C_L, %E, C_s

| Vzorek | CL ₀ (ml barvivo) | Hodnoty z linear. regrese | | N % | Cs (mg.g) | A | CL | %E |
|--------|------------------------------|---------------------------|--------|------|-----------|-------|-----------|-----------|
| | | a | b | | | | | |
| PA | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 2.494595 | 0.008 | 0.1081081 | 99.783784 |
| PA | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 4.983784 | 0.012 | 0.3243243 | 99.675676 |
| PA | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 7.456757 | 0.022 | 0.8648649 | 99.423423 |
| PA | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 9.913514 | 0.038 | 1.7297297 | 99.135135 |
| WO | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 2.42973 | 0.032 | 1.4054054 | 97.189189 |
| WO | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 7.305405 | 0.054 | 2.5945946 | 97.405405 |
| WO | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 4.837838 | 0.096 | 4.8648649 | 96.756757 |
| WO | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 9.643243 | 0.138 | 7.1351351 | 96.432432 |
| CO | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 1.97027 | 0.202 | 10.594595 | 78.810811 |
| CO | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 3.821622 | 0.442 | 23.567568 | 76.432432 |
| CO | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 5.656757 | 0.688 | 36.864865 | 75.423423 |
| CO | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 6.908108 | 1.15 | 61.837838 | 69.081081 |
| CV | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 1.867568 | 0.24 | 12.648649 | 74.702703 |
| CV | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 3.654054 | 0.504 | 26.918919 | 73.081081 |
| CV | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 5.272973 | 0.83 | 44.540541 | 70.306306 |
| CV | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 6.805405 | 1.188 | 63.891892 | 68.054054 |
| CV1 | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 1.927027 | 0.218 | 11.459459 | 77.081081 |
| CV1 | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 3.681081 | 0.494 | 26.378378 | 73.621622 |
| CV1 | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 5.364865 | 0.796 | 42.702703 | 71.531532 |
| CV1 | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 6.756757 | 1.206 | 64.864865 | 67.567568 |
| LI | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 1.851351 | 0.246 | 12.972973 | 74.054054 |
| LI | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 3.735135 | 0.474 | 25.297297 | 74.702703 |
| LI | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 5.327027 | 0.81 | 43.459459 | 71.027027 |
| LI | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 6.92973 | 1.142 | 61.405405 | 69.297297 |
| CLY | 50 | 0.006 | 0.0185 | 0.25 | 2.067568 | 0.166 | 8.6486486 | 82.702703 |
| CLY | 100 | 0.006 | 0.0185 | 0.5 | 4.037838 | 0.362 | 19.243243 | 80.756757 |
| CLY | 150 | 0.006 | 0.0185 | 0.75 | 5.759459 | 0.65 | 34.810811 | 76.792793 |
| CLY | 200 | 0.006 | 0.0185 | 1 | 7.475676 | 0.94 | 50.486486 | 74.756757 |

Príloha 8 - Naměřené hodnoty remise u textilních materiálu - oranž barviva N % (0,25; 0,5; 0,75; 1)

| Materiál | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PA 0,25 | 0.14759 | 0.16014 | 0.14026 | 0.12354 | 0.11485 | 0.11169 | 0.12186 | 0.17213 | 0.32254 | 0.50312 | 0.69033 | 0.78138 | 0.81957 | 0.83726 | 0.84832 | 0.85507 |
| PA 0,5 | 0.08824 | 0.0934 | 0.08003 | 0.06998 | 0.06489 | 0.06314 | 0.06813 | 0.09954 | 0.21392 | 0.38584 | 0.60255 | 0.72846 | 0.78868 | 0.81521 | 0.82992 | 0.84003 |
| PA 0,75 | 0.07237 | 0.07502 | 0.06401 | 0.05635 | 0.0525 | 0.05137 | 0.05475 | 0.07963 | 0.17683 | 0.33671 | 0.55833 | 0.70097 | 0.77598 | 0.80984 | 0.82758 | 0.83872 |
| PA 1 | 0.06097 | 0.06152 | 0.05299 | 0.04731 | 0.04436 | 0.04346 | 0.04586 | 0.06408 | 0.14399 | 0.29241 | 0.5176 | 0.67374 | 0.76041 | 0.79914 | 0.81812 | 0.82965 |
| WO 0,25 | 0.11319 | 0.11496 | 0.10198 | 0.09449 | 0.09104 | 0.09327 | 0.11119 | 0.17252 | 0.29782 | 0.43081 | 0.57996 | 0.65909 | 0.69923 | 0.72484 | 0.74309 | 0.75778 |
| WO 0,5 | 0.07315 | 0.07178 | 0.06141 | 0.05606 | 0.05367 | 0.05538 | 0.06793 | 0.11559 | 0.2241 | 0.35475 | 0.52448 | 0.62988 | 0.6852 | 0.71695 | 0.7374 | 0.75311 |
| WO 0,75 | 0.05359 | 0.05144 | 0.04337 | 0.03925 | 0.03744 | 0.03864 | 0.04715 | 0.08266 | 0.17239 | 0.29209 | 0.47087 | 0.60161 | 0.67457 | 0.71408 | 0.7371 | 0.75369 |
| WO 1 | 0.04474 | 0.04208 | 0.03522 | 0.0322 | 0.03073 | 0.03177 | 0.03862 | 0.06943 | 0.15241 | 0.26884 | 0.44829 | 0.58405 | 0.66256 | 0.70572 | 0.73131 | 0.75034 |
| CO 0,25 | 0.23158 | 0.24776 | 0.21837 | 0.19293 | 0.18099 | 0.17974 | 0.19692 | 0.26487 | 0.41214 | 0.54792 | 0.68806 | 0.76813 | 0.80591 | 0.82247 | 0.82993 | 0.84099 |
| CO 0,5 | 0.19358 | 0.20628 | 0.17849 | 0.15618 | 0.14683 | 0.14647 | 0.16392 | 0.229 | 0.37225 | 0.50435 | 0.64078 | 0.73327 | 0.79093 | 0.82219 | 0.83767 | 0.84718 |
| CO 0,75 | 0.13385 | 0.14184 | 0.11923 | 0.1025 | 0.09583 | 0.09569 | 0.10959 | 0.16325 | 0.29328 | 0.42913 | 0.58531 | 0.69711 | 0.76696 | 0.80211 | 0.81734 | 0.83082 |
| CO 1 | 0.13253 | 0.13997 | 0.11875 | 0.10307 | 0.09726 | 0.09854 | 0.11137 | 0.16594 | 0.29821 | 0.42894 | 0.57408 | 0.67881 | 0.7509 | 0.79251 | 0.81433 | 0.82755 |
| CV 0,25 | 0.26593 | 0.28075 | 0.24688 | 0.21956 | 0.20652 | 0.20532 | 0.22627 | 0.3001 | 0.45407 | 0.59345 | 0.72681 | 0.80126 | 0.83742 | 0.85333 | 0.86103 | 0.86579 |
| CV 0,5 | 0.18251 | 0.19149 | 0.16228 | 0.14141 | 0.13293 | 0.13281 | 0.1515 | 0.21658 | 0.36174 | 0.50615 | 0.65927 | 0.7571 | 0.81165 | 0.83811 | 0.85136 | 0.85902 |
| CV 0,75 | 0.14796 | 0.15456 | 0.12813 | 0.11017 | 0.10335 | 0.10405 | 0.12011 | 0.17833 | 0.31625 | 0.4608 | 0.62147 | 0.73256 | 0.7986 | 0.83072 | 0.8458 | 0.8544 |
| CV 1 | 0.1247 | 0.12848 | 0.10479 | 0.08992 | 0.08444 | 0.08573 | 0.10078 | 0.15364 | 0.28301 | 0.42576 | 0.58906 | 0.70676 | 0.78201 | 0.82169 | 0.84148 | 0.85291 |
| CV1 0,25 | 0.2751 | 0.29144 | 0.2637 | 0.2399 | 0.22821 | 0.22717 | 0.24602 | 0.31421 | 0.45545 | 0.57876 | 0.69501 | 0.75877 | 0.79044 | 0.80571 | 0.81394 | 0.81991 |
| CV1 0,5 | 0.20088 | 0.21291 | 0.18782 | 0.16865 | 0.16086 | 0.16111 | 0.17909 | 0.24109 | 0.37875 | 0.50936 | 0.63682 | 0.71582 | 0.76353 | 0.78694 | 0.7989 | 0.80697 |
| CV1 0,75 | 0.17152 | 0.18113 | 0.15929 | 0.14349 | 0.13725 | 0.13781 | 0.15335 | 0.20828 | 0.33825 | 0.47069 | 0.61108 | 0.70533 | 0.7647 | 0.79432 | 0.80907 | 0.81909 |
| CV1 1 | 0.14638 | 0.15369 | 0.13429 | 0.12122 | 0.11643 | 0.1182 | 0.13256 | 0.18372 | 0.30973 | 0.443 | 0.58512 | 0.68316 | 0.74969 | 0.78532 | 0.80389 | 0.8159 |
| LI 0,25 | 0.16759 | 0.18293 | 0.16472 | 0.14726 | 0.13908 | 0.13864 | 0.1542 | 0.21338 | 0.3394 | 0.44163 | 0.52789 | 0.57134 | 0.5979 | 0.61728 | 0.63324 | 0.64691 |
| LI 0,5 | 0.12476 | 0.13645 | 0.12014 | 0.10584 | 0.09964 | 0.09937 | 0.11272 | 0.16305 | 0.28335 | 0.39693 | 0.50189 | 0.55969 | 0.59459 | 0.61825 | 0.63628 | 0.65142 |
| LI 0,75 | 0.09994 | 0.10682 | 0.09221 | 0.08106 | 0.0766 | 0.07701 | 0.08833 | 0.13197 | 0.24162 | 0.35428 | 0.46536 | 0.53039 | 0.57017 | 0.59634 | 0.61571 | 0.63158 |
| LI 1 | 0.09061 | 0.0962 | 0.08208 | 0.07188 | 0.06788 | 0.06881 | 0.07928 | 0.11945 | 0.22544 | 0.33968 | 0.45475 | 0.52532 | 0.56984 | 0.59856 | 0.61885 | 0.63505 |
| CLY0,25 | 0.21985 | 0.23368 | 0.20531 | 0.18278 | 0.17234 | 0.17148 | 0.18875 | 0.25292 | 0.39941 | 0.54451 | 0.69236 | 0.77752 | 0.81947 | 0.83823 | 0.84726 | 0.85351 |
| CLY 0,5 | 0.15001 | 0.15887 | 0.13569 | 0.11852 | 0.11139 | 0.1111 | 0.12505 | 0.17782 | 0.30982 | 0.4549 | 0.61465 | 0.72041 | 0.78423 | 0.8159 | 0.83134 | 0.8409 |
| CLY0,75 | 0.12451 | 0.12954 | 0.10863 | 0.09437 | 0.08891 | 0.08918 | 0.10224 | 0.15048 | 0.27349 | 0.4157 | 0.58023 | 0.69602 | 0.77005 | 0.80726 | 0.82467 | 0.83625 |
| CLY 1 | 0.10897 | 0.11284 | 0.09413 | 0.0819 | 0.07723 | 0.07785 | 0.08971 | 0.1333 | 0.24905 | 0.38908 | 0.55528 | 0.67617 | 0.75758 | 0.80168 | 0.82307 | 0.83648 |

Příloha 9 – Midl. oranž PR závislost λ (nm) na K/S hodnotě



Příloha 10 - Výpočtené hodnoty midlonové modře 5R C_L, %E, C_s

| Vzorek | CL0 [ml barvivo] | A | b | N % | Cs(mg.g ⁻¹) | A | CL | %E |
|--------|------------------------|-------|-------|------|-------------------------|-------|----------|----------|
| PA | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 4.02 | 0.009 | -0.4 | 100.5 |
| PA | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 4.9825 | 0.018 | 0.35 | 99.65 |
| PA | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 7.424167 | 0.032 | 1.516667 | 98.98889 |
| PA | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 9.8325 | 0.054 | 3.35 | 98.325 |
| WO | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 3.990833 | 0.016 | 0.183333 | 99.77083 |
| WO | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 4.9075 | 0.036 | 1.85 | 98.15 |
| WO | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 7.299167 | 0.062 | 4.016667 | 97.32222 |
| WO | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 9.674167 | 0.092 | 6.516667 | 96.74167 |
| CO | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 1.715833 | 0.562 | 45.68333 | 42.89583 |
| CO | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 2.278333 | 0.667 | 54.43333 | 45.56667 |
| CO | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 2.849167 | 1.13 | 93.01667 | 37.98889 |
| CO | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 4.203333 | 1.405 | 115.9333 | 42.03333 |
| CV | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 1.5575 | 0.6 | 48.85 | 38.9375 |
| CV | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 1.890833 | 0.76 | 62.18333 | 37.81667 |
| CV | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 2.865833 | 1.126 | 92.68333 | 38.21111 |
| CV | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 4.140833 | 1.42 | 117.1833 | 41.40833 |
| CV1 | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 1.5575 | 0.6 | 48.85 | 38.9375 |
| CV1 | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 2.274167 | 0.668 | 54.51667 | 45.48333 |
| CV1 | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 2.615833 | 1.186 | 97.68333 | 34.87778 |
| CV1 | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 4.049167 | 1.442 | 119.0167 | 40.49167 |
| LI | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 2.174167 | 0.452 | 36.51667 | 54.35417 |
| LI | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 2.990833 | 0.496 | 40.18333 | 59.81667 |
| LI | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 3.699167 | 0.926 | 76.01667 | 49.32222 |
| LI | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 5.865833 | 1.006 | 82.68333 | 58.65833 |
| CLY | 80 | 0.014 | 0.012 | 0.4 | 2.124167 | 0.464 | 37.51667 | 53.10417 |
| CLY | 100 | 0.014 | 0.012 | 0.5 | 2.6325 | 0.582 | 47.35 | 52.65 |
| CLY | 150 | 0.014 | 0.012 | 0.75 | 3.724167 | 0.92 | 75.51667 | 49.65556 |
| CLY | 200 | 0.014 | 0.012 | 1 | 4.949167 | 1.226 | 101.0167 | 49.49167 |

Příloha 11 - Naměřené hodnoty remise u textilních materiálů - modř barviva N % (0,4; 0,5; 0,75; 1)

| VI.délka | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 | 620 | 640 | 660 | 680 | 700 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PA 0,4 | 0.21677 | 0.22119 | 0.22908 | 0.22271 | 0.19607 | 0.16438 | 0.13339 | 0.10854 | 0.08819 | 0.07753 | 0.07322 | 0.06845 | 0.07246 | 0.08688 | 0.12288 | 0.18589 |
| PA 0,5 | 0.18392 | 0.18803 | 0.19491 | 0.18861 | 0.16381 | 0.13523 | 0.10787 | 0.08741 | 0.07124 | 0.06316 | 0.06023 | 0.05621 | 0.05945 | 0.07116 | 0.10221 | 0.15966 |
| PA 0,75 | 0.13892 | 0.14104 | 0.14586 | 0.14014 | 0.11976 | 0.09723 | 0.07731 | 0.06225 | 0.051 | 0.04607 | 0.04453 | 0.04167 | 0.04372 | 0.05127 | 0.07255 | 0.11633 |
| PA 1 | 0.12029 | 0.12166 | 0.12596 | 0.1209 | 0.10265 | 0.08273 | 0.06519 | 0.05282 | 0.04393 | 0.04024 | 0.03919 | 0.03681 | 0.03814 | 0.04352 | 0.0607 | 0.09934 |
| WO 0,4 | 0.15125 | 0.16005 | 0.16596 | 0.15774 | 0.13858 | 0.11822 | 0.09905 | 0.08447 | 0.07355 | 0.07052 | 0.07532 | 0.07669 | 0.09265 | 0.1223 | 0.17446 | 0.24621 |
| WO 0,5 | 0.13191 | 0.13791 | 0.14227 | 0.13321 | 0.11446 | 0.09526 | 0.07815 | 0.06575 | 0.05692 | 0.05501 | 0.05921 | 0.05993 | 0.07334 | 0.09873 | 0.14534 | 0.21243 |
| WO 0,75 | 0.10509 | 0.1092 | 0.11194 | 0.10392 | 0.08792 | 0.07192 | 0.05789 | 0.04803 | 0.04122 | 0.03984 | 0.04321 | 0.04352 | 0.05364 | 0.07342 | 0.11139 | 0.16829 |
| WO 1 | 0.0847 | 0.08709 | 0.08867 | 0.08093 | 0.0673 | 0.05429 | 0.04349 | 0.03618 | 0.03123 | 0.03049 | 0.03334 | 0.03319 | 0.04051 | 0.05582 | 0.08697 | 0.1362 |
| CO 0,4 | 0.42417 | 0.42184 | 0.41887 | 0.40331 | 0.37274 | 0.33711 | 0.29978 | 0.26969 | 0.24538 | 0.23487 | 0.23604 | 0.23796 | 0.25837 | 0.29425 | 0.35028 | 0.41769 |
| CO 0,5 | 0.38362 | 0.38115 | 0.37786 | 0.362 | 0.3299 | 0.29284 | 0.25634 | 0.22788 | 0.2064 | 0.19813 | 0.20092 | 0.20273 | 0.22194 | 0.25585 | 0.31006 | 0.37697 |
| CO 0,75 | 0.36158 | 0.35773 | 0.35254 | 0.33629 | 0.3047 | 0.2682 | 0.23339 | 0.20475 | 0.18297 | 0.17529 | 0.17774 | 0.18019 | 0.1988 | 0.23152 | 0.28357 | 0.34817 |
| CO 1 | 0.32004 | 0.31569 | 0.31031 | 0.29385 | 0.26311 | 0.22858 | 0.19473 | 0.16983 | 0.15195 | 0.14572 | 0.14919 | 0.15175 | 0.16867 | 0.1988 | 0.24757 | 0.30889 |
| CV 0,4 | 0.41242 | 0.4128 | 0.41248 | 0.39781 | 0.36691 | 0.33062 | 0.29372 | 0.26327 | 0.23931 | 0.23021 | 0.23386 | 0.2382 | 0.26046 | 0.29923 | 0.35871 | 0.43 |
| CV 0,5 | 0.37389 | 0.37284 | 0.372 | 0.35652 | 0.32455 | 0.28758 | 0.25142 | 0.22154 | 0.19805 | 0.18953 | 0.19294 | 0.19602 | 0.21738 | 0.25482 | 0.31433 | 0.38791 |
| CV 0,75 | 0.35098 | 0.34965 | 0.34732 | 0.33236 | 0.30164 | 0.26662 | 0.23319 | 0.20532 | 0.18418 | 0.17749 | 0.18162 | 0.18573 | 0.20602 | 0.24119 | 0.29592 | 0.36332 |
| CV 1 | 0.30799 | 0.30537 | 0.30165 | 0.28543 | 0.25448 | 0.22051 | 0.18781 | 0.16313 | 0.14552 | 0.14044 | 0.14546 | 0.14983 | 0.16895 | 0.20228 | 0.25495 | 0.3202 |
| CV1 0,4 | 0.43449 | 0.43748 | 0.43969 | 0.42882 | 0.40031 | 0.36395 | 0.32506 | 0.29209 | 0.26496 | 0.25358 | 0.25492 | 0.25698 | 0.27859 | 0.31699 | 0.37757 | 0.4499 |
| CV1 0,5 | 0.37542 | 0.37669 | 0.37708 | 0.36398 | 0.33383 | 0.29821 | 0.26361 | 0.23368 | 0.2096 | 0.20101 | 0.20232 | 0.20362 | 0.22313 | 0.25787 | 0.31403 | 0.38395 |
| CV1 0,75 | 0.357 | 0.35549 | 0.35336 | 0.33931 | 0.30823 | 0.27147 | 0.23555 | 0.20669 | 0.18479 | 0.17723 | 0.1806 | 0.18356 | 0.20285 | 0.23761 | 0.29406 | 0.36469 |
| CV1 1 | 0.28901 | 0.28678 | 0.28403 | 0.26931 | 0.24018 | 0.20737 | 0.17691 | 0.15326 | 0.13585 | 0.13029 | 0.13376 | 0.136 | 0.15245 | 0.18215 | 0.23207 | 0.29696 |
| LI 0,4 | 0.27453 | 0.28286 | 0.28912 | 0.28577 | 0.26857 | 0.24538 | 0.22041 | 0.19853 | 0.18038 | 0.17317 | 0.17504 | 0.17632 | 0.19343 | 0.22461 | 0.2748 | 0.33694 |
| LI 0,5 | 0.24935 | 0.25566 | 0.26098 | 0.25649 | 0.2383 | 0.21517 | 0.18913 | 0.16847 | 0.15224 | 0.14539 | 0.14726 | 0.14803 | 0.16365 | 0.1921 | 0.23934 | 0.29962 |
| LI 0,75 | 0.25537 | 0.26078 | 0.26409 | 0.2573 | 0.23694 | 0.21107 | 0.18442 | 0.16224 | 0.14478 | 0.13781 | 0.13913 | 0.13954 | 0.15426 | 0.181 | 0.22605 | 0.28466 |
| LI 1 | 0.19893 | 0.20115 | 0.20271 | 0.19532 | 0.17599 | 0.15329 | 0.13105 | 0.11338 | 0.10004 | 0.09527 | 0.09724 | 0.09782 | 0.11011 | 0.13286 | 0.1723 | 0.22575 |
| CLY 0,4 | 0.34858 | 0.34617 | 0.34357 | 0.32795 | 0.29667 | 0.26112 | 0.22558 | 0.19795 | 0.17681 | 0.16873 | 0.17156 | 0.17383 | 0.19294 | 0.22683 | 0.28171 | 0.35155 |
| CLY 0,5 | 0.32173 | 0.31951 | 0.3166 | 0.30135 | 0.27078 | 0.23637 | 0.20323 | 0.17731 | 0.1579 | 0.15121 | 0.15461 | 0.15722 | 0.1757 | 0.20841 | 0.26124 | 0.32819 |
| CLY 0,75 | 0.27515 | 0.27109 | 0.26715 | 0.2523 | 0.22385 | 0.19244 | 0.16251 | 0.13977 | 0.12319 | 0.11774 | 0.12113 | 0.12336 | 0.13911 | 0.16677 | 0.21291 | 0.27446 |
| CLY 1 | 0.23564 | 0.2311 | 0.22682 | 0.21239 | 0.18628 | 0.158 | 0.13082 | 0.11123 | 0.09753 | 0.09319 | 0.09677 | 0.09887 | 0.11275 | 0.1372 | 0.17862 | 0.23429 |

Příloha 12 – Midl. modř 5R závislost λ (nm) na K/S hodnotě

